



TUGAS AKHIR – RE 141581

**REDUKSI SURFAKTAN MENGGUNAKAN
GRANULAR KAPUR-SEMEN SEBAGAI SUMBER
ION Ca^{2+}**

ANINDITA PARAMESWARI CAHYANING WULAN SUCI
032 1144 0000 079

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE, M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR – RE 141581

Reduksi Surfaktan Menggunakan Granular Kapur-Semen Sebagai Sumber Ion Ca^{2+}

ANINDITA PARAMESWARI CAHYANING WULAN SUCI
032 1144 0000 079

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE, M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT – RE 141581

Surfactant Reduction Using Lime-Cement Granular as Source of Ca^{2+} Ions

ANINDITA PARAMESWARI CAHYANING WULAN SUCI
032 1144 0000 079

Supervisor

Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE, M.Sc

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

REDUKSI SURFAKTAN MENGGUNAKAN GRANULAR KAPUR- SEMEN SEBAGAI SUMBER ION Ca^{2+}

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ANINDITA PARAMESWARI C.W.S

NRP. 03211440000079

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir

Dr.Ir. Agus Slamet, Dipl.SE, M.Sc

NIP. 195909811 198701 1 001



REDUKSI SURFAKTAN MENGGUNAKAN GRANULAR KAPUR-SEMENT SEBAGAI SUMBER ION Ca^{2+}

Nama Mahasiswa : Anindita Parameswari C.W.S
NRP : 0321 440 000 079
Pembimbing : Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE, M.Sc

ABSTRAK

Maraknya kegiatan *laundry* meningkatkan penggunaan deterjen sebagai bahan utama dalam pembersihan. Air buangan hasil kegiatan *laundry* yang langsung dibuang ke badan air akan mengganggu keseimbangan ekosistem badan air. Hal ini dikarenakan air limbah *laundry* mengandung surfaktan yang tinggi dan dapat menimbulkan eutrofikasi. Tujuan penelitian ini adalah menentukan komposisi kapur-semen untuk media artifisial pada pengurangan surfaktan air limbah *laundry*, mengkaji efektivitas batu kapur (CaCO_3) sebagai media pengikat surfaktan, dan mengkaji media kapur-semen dan batu kapur untuk menurunkan surfaktan pada air limbah *laundry*.

Sampel air *laundry* diambil dari satu usaha laundry yang berada di Keputih. Sampel diambil pada masing-masing proses pencucian mulai dari pemberian deterjen hingga pembilasan akhir. Penelitian diawali dengan karakterisasi limbah *laundry*. Parameter analisis untuk karakterisasi limbah *laundry* adalah surfaktan dengan melakukan uji MBAS (*Methylene Blue Active Substance*). Penelitian skala laboratorium yang dilakukan adalah pembuatan media kapur-semen dengan rasio (1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, 6:1) kapur yang digunakan adalah (CaO) berbentuk *powder*. Media yang telah dibuat, akan diuji secara *batch* kemudian filtrat akan diuji nilai MBAS. Hasil dari penelitian pendahuluan ini adalah untuk mendapat rasio media kapur-semen yang optimum untuk media yang akan dilakukan pada penelitian utama. Operasi media dilakukan secara *continuous* dengan variasi jenis media yang digunakan serta debit yang masuk. Proses operasi dengan menggunakan tiga jenis media yaitu kapur-semen yang terpilih dari hasil penelitian

pendahuluan serta media batu kapur (CaCO_3) dan tutup botol sebagai variabel kontrol.

Hasil karakterisasi awal limbah *laundry* kandungan surfaktan sebesar 199,62 mg/L, COD 1600 mg/L, TSS 220 mg/L, pH 7,08. Berdasarkan pada penelitian dengan proses *batch* diperoleh rasio kapur-semen terbaik yaitu 6:1. Pengambilan *effluent* setelah pengendapan. Media kapur-semen mampu mereduksi surfaktan sebesar 80% dengan pengoperasian selama 6 jam, 97% dengan waktu tinggal 7 dan 8 jam. Media batu kapur mampu mereduksi surfaktan sebesar 30% dengan waktu tinggal 6 jam, 43% dengan waktu tinggal 7 jam, dan 50% dengan pengoperasian selama 8 jam.

Kata kunci: Air limbah, batu kapur, COD, deterjen, kapur, limbah *laundry*, MBAS, presipitasi, semen, surfaktan

SURFACTANT REDUCTION USING LIME-CEMENT GRANULAR AS SOURCE OF Ca^{2+} IONS

Name : Anindita Parameswari C.W.S
Registered number : 0321 440 000 079
Supervisor : Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE, M.Sc

ABSTRACT

Due to high demand in the laundry business, the use of detergent as a main material in cleaning process is increasing. If the effluent of the laundry process is directly discharged to the water body, it will interrupt the ecosystem in the water body. Therefore, laundry wastewater containing surfactants in high concentration will cause eutrofication. This research is aimed to determine the composition of lime-cement as artificial media to reduce surfactant from laundry wastewater, evaluate the effectiveness of limestone (CaCO_3) as a surfactant binder media, and evaluate lime-cement and limestone media to reduce surfactant from laundry wastewater.

The laundry wastewater samples were taken from one of the laundry businesses in Keputih. Samples were taken from each process of washing from input of detergent to final rinse. This research started with the characterization of laundry wastewater. The parameter needed to be analyzed is surfactant as MBAS (Methylen Blue Active Substance). Laboratory-scale part of the research is making lime-cement media with several ratios (1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, 6:1). Lime used is calcium Oxide (CaO) in powder form. Media that has been made, will be tested in a batch system and its filtrate analysed using MBAS parameter. The result of the preliminary research is to get the optimum ratio of lime-cement media to reduce surfactant and will be used in the primary research. Operation of the primary research was conducted in a continuous system with some variations in media and the inflow discharge. The operation process using three kinds of media, which are lime cement media, lime stone (CaCO_3), and plastic bottle cap as a control variable.

The result of the first characterization of laundry wastewater is 199,62 mg/L of surfactant, 1600 mg/L of COD, 220 mg/L of TSS and pH 7,08. Based on the preliminary research in batch system, lime-cement with 6:1 ratio was chosen as the optimum ratio. Effluent was taken after the settling process. The result of primary research is that lime-cement media could reduce surfactant up to 80% with time detention of 6 hours, 97% with time detention of 7 and 8 hours. Limestone media reduced surfactant up to 30% when time detention is 6 hours, 43% when time detention is 7 hours, and 50% when time detention is 8 hours.

Key words: cement, COD, detergent, laundry wastewater, lime, limestone, MBAS, presipitation, surfactants, wastewater

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas segala karunia dan ridho-Nya dan juga utusan-Nya, yaitu Rasulullah SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Reduksi Surfaktan Menggunakan Granular Kapur-Semen Sebagai Sumber Ion Ca^{2+} ”. Penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari partisipasi dan bimbingan dari semua pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, Dipl.SE, MSc selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih atas ilmunya dan telah meluangkan waktunya guna membimbing, memberi pengarahan dan masukan dengan sabar kepada penulis.
2. Ibu Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc., Ibu Harmin Sulistyaning Titah, ST., MT., PhD., dan Ibu Dr. Ir. Ellina Pandebesie, MT selaku dosen pengarah tugas akhir yang telah meluangkan waktunya guna memberi saran dan pengarahan kepada penulis.
3. Ibu Riama dan Ibu Refi selaku pemilik usaha *laundry* yang telah memberi bantuan untuk kelancaran tugas akhir ini.
4. Keluarga tercinta bapak, ibu, dan adik yang telah memberikan dorongan semangat, motivasi, biaya dan khususnya atas doa yang telah mengiringi selama tugas akhir ini ditulis.
5. Teman-teman Teknik Lingkungan ITS angkatan 2014 dan semua teman-teman yang tidak dapat disebutkan di sini, terima kasih atas segala dukungannya.

Penulis berharap semoga segala kebaikan dan ketulusan mendapat balasan dari Allah SWT.

Penyusunan laporan tugas akhir ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kekurangan. Untuk itu penulis berharap adanya kritik dan saran yang bisa disampaikan kepada penulis. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi pembaca atau penulis yang lain di masa yang akan datang.

Surabaya, Juni 2018
Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”.

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB 2.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Air Limbah.....	5
2.2 Limbah <i>Laundry</i>	5
2.3 Deterjen	7
2.4 Surfaktan	8
2.5 COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	9
2.6 Kapur dan Semen.....	9
2.5.1 Kapur	9
2.5.2 Semen	10

2.7	Pengendapan	11
2.8	Faktor yang memengaruhi pengendapan	11
2.9	Syarat-syarat karakteristik media	12
2.10	Reaksi kapur dengan surfaktan	13
2.11	Penelitian terdahulu	13
BAB 3	17
METODE PENELITIAN	17
3.1	Umum	17
3.2	Kerangka Penelitian	17
3.3	Penentuan Variabel dan Parameter Penelitian Pendahuluan	19
3.3.1	Variasi yang akan digunakan pada penelitian pendahuluan ini adalah:	19
3.3.2	Parameter penelitian	19
3.4	Persiapan Alat dan Bahan	19
3.4.1	Peralatan yang digunakan	19
3.4.2	Bahan penelitian	21
3.5	Penelitian Pendahuluan	21
3.5.1	Membuat media kapur-semen	21
3.5.2	Uji media filter	21
3.6	Penelitian Utama	22
3.6.1	Variabel Penelitian	22
3.6.2	Operasional	22
3.7	Gambar alat penelitian	23
3.8	Analisis Data dan Pembahasan	24
3.9	Kesimpulan dan Saran	25
BAB 4	27
HASIL DAN PEMBAHASAN	27

4.1	Karakteristik Limbah <i>Laundry</i>	27
4.2	Penelitian Pendahuluan	28
4.2.1	Pembuatan media kapur-semen	28
4.2.2	Pengaruh Rasio Kapur-Semen Terhadap Reduksi Surfaktan	30
4.2.3	Pengaruh Lama Pengadukan Terhadap Reduksi Surfaktan	32
4.2.4	Perubahan pH selama proses <i>Batch</i>	34
4.2.5	Perubahan TSS selama proses <i>batch</i>	35
4.3	Penelitian Utama	36
4.3.1	Pengoperasian Media.....	36
4.3.2	Proses Reduksi Surfaktan dengan Media Kapur-Semen.....	37
4.3.3	Proses Reduksi Surfaktan dengan Media Batu Kapur	39
4.3.4	Proses Reduksi Surfaktan dengan Media Kontrol Tutup Botol.....	40
4.3.5	Perubahan konsentrasi COD Terhadap Media Kapur-Semen dan Batu Kapur	42
4.3.6	Perubahan pH dan TSS Terhadap Media Kapur-Semen, Batu Kapur, dan Tutup Botol.....	45
4.3.7	Penelitian dengan rasio kapur-semen 4:1, 6:1 dan batu kapur.....	49
BAB 5.....		61
KESIMPULAN DAN SARAN		61
5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA		63
LAMPIRAN 1		69
PROSEDUR ANALISIS PARAMETER		69

LAMPIRAN 2	73
PENENTUAN KURVA KALIBRASI	73
LAMPIRAN 3	75
REKAPITULASI DATA	75
LAMPIRAN 4	83
DOKUMENTASI PENELITIAN	83
BIODATA PENULIS	87

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku mutu usaha dan atau kegiatan <i>laundry</i>	6
Tabel 3.1 Hasil Penelitian Mohan, 2014.....	14
Tabel 3.2 Peralatan yang digunakan.....	19
Tabel 3.3 Kriteria Desain Aerobic Filter.....	23
Tabel 4.1 Karakterisasi awal	27
Tabel 4.2 Hasil Analisis Penurunan Konsentrasi Surfaktan pada Proses <i>Batch</i>	30
Tabel 4.3 Konsentrasi awal surfaktan	37
Tabel 4.4 Konsentrasi COD awal	42
Tabel L.1 Kurva kalibrasi MBAS.....	73
Tabel L.2 Karakteristik awal limbah <i>laundry</i>	75
Tabel L.3 parameter MBAS penentuan rasio kapur-semen..	75
Tabel L.4 Parameter TSS uji pendahuluan	75
Tabel L.5 nilai PH saat uji pendahuluan.....	76
Tabel L.6 Hasil analisis parameter MBAS.....	76
Tabel L.7 Hasil analisis parameter COD	77
Tabel L.8 Hasil analisis parameter TSS	77
Tabel L.9 Hasil analisis parameter MBAS oleh media kapur-semen sebelum pengendapan	78
Tabel L.10 Hasil analisis parameter MBAS oleh media batu kapur sebelum pengendapan.....	78
Tabel L.11 perubahan PH selama waktu tinggal 6 jam.....	79
Tabel L.12 perubahan PH selama waktu tinggal 7 jam.....	79
Tabel L.13 perubahan PH selama waktu tinggal 8 jam.....	80
Tabel L.14 Analisis MBAS dengan perbandingan kapur-semen 4:1.....	80
Tabel L.15 Analisis COD dengan perbandingan kapur-semen 4:1.....	81
Tabel L.16 Analisis TSS dengan perbandingan kapur-semen 4:1.....	81

“Halaman ini sengaja dikosongkan”.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Kerangka Penelitian	18
Gambar 3.2 Sketsa tahapan filter.....	24
Gambar 4.1 Uji Pendahuluan secara <i>batch</i>	28
Gambar 4.2 Pembuatan adonan kapur-semen	29
Gambar 4.3 Pencetakan media kapur-semen.....	29
Gambar 4.4 Pengaruh penggunaan rasio kapur-semen terhadap penurunan surfaktan	31
Gambar 4.5 Perubahan surfaktan terhadap waktu kontak kapur	32
Gambar 4.6 perubahan pH selama uji pendahuluan	34
Gambar 4.7 perubahan kandungan TSS selama selama pengadukan.....	35
Gambar 4.8 Hasil pengadukan sebelum pengendapan.....	35
Gambar 4.9 Penurunan surfaktan dengan media kapur-semen	38
Gambar 4.10 Hasil reduksi surfaktan dengan batu kapur.....	39
Gambar 4.11 Hasil reduksi surfaktan dengan media tutup botol	40
Gambar 4.12 Analisis surfaktan setiap jam oleh media kapur-semen dan batu kapur.....	41
Gambar 4.13 Reduksi COD dengan media kapur-semen	43
Gambar 4.14 Reduksi COD oleh media batu kapur.....	44
Gambar 4.15 Reduksi COD oleh media tutup botol	44
Gambar 4.16 perubahan pH saat waktu tinggal 6 jam.....	45
Gambar 4.17 perubahan pH saat waktu tinggal 7 jam.....	46
Gambar 4.18 perubahan pH saat waktu tinggal 8 jam.....	46
Gambar 4.19 Hasil analisis TSS oleh media kapur-semen...	47
Gambar 4.20 Hasil analisis TSS oleh media batu kapur.....	48
Gambar 4.21 Reduksi surfaktan dengan media kapur-semen 6:1	49
Gambar 4.22 Reduksi surfaktan dengan media kapur-semen 4:1	50
Gambar 4.23 Reduksi surfaktan dengan media batu kapur..	51
Gambar 4.24 Reduksi COD dengan media kapur-semen 4:1	53
Gambar 4.25 Reduksi COD dengan media batu kapur	53

Gambar 4.26 Reduksi COD dengan media kapur-semen 6:1	54
Gambar 4.27 Analisis TSS dengan media batu kapur.....	55
Gambar 4.28 Analisis TSS dengan media kapur-semen 4:1.	56
Gambar 4.29 Analisis TSS dengan media kapur-semen 6:1.	57
Gambar 4.30 perubahan pH pada <i>effluent</i> masing-masing media.....	58
Gambar L.1 penentuan panjang gelombang	73
Gambar L.2 kurva kalibrasi MBAS	74

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Prosedur Analisis Parameter
- Lampiran 2 Penentuan Kurva Kalibrasi
- Lampiran 3 Rekapitulasi Data
- Lampiran 4 Dokumentasi Penelitian

“Halaman ini sengaja dikosongkan”.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring pesatnya pertumbuhan penduduk di Indonesia, maka semakin tinggi pula produksi limbah yang dihasilkan dari aktivitas dan kegiatan manusia. Salah satunya adalah kegiatan *laundry*. *Laundry* merupakan suatu usaha yang sangat berkembang di Kota Surabaya khususnya di Kelurahan Keputih. Banyaknya permintaan warga dan mahasiswa/i yang menginginkan jasa pencucian secara instan, hal ini menjadikan usaha *laundry* kian menjamur di kota Surabaya (Nasution, 2012)

Air limbah dari kegiatan *laundry* mengandung kontaminan organik dan anorganik, serta minyak dan mineral. Kegiatan *laundry* merupakan salah satu yang menggunakan air bersih dan deterjen terbanyak, dengan menghasilkan air limbah cucian *laundry* rata-rata sebesar 40m³ per hari tiap mesin cuci (Giagnorio *et al.*, 2017). Kemampuan deterjen untuk menghilangkan berbagai kotoran yang menempel pada kain atau objek lain, mengurangi keberadaan kuman dan bakteri yang menyebabkan infeksi dan meningkatkan umur pemakaian kain, karpet, alat-alat rumah tangga dan peralatan rumah lainnya, sudah tidak diragukan lagi (Rahimah, 2016). Salah satu komponen pencemar kimia organik yang harus diperhatikan adalah deterjen yang mengandung bahan aktif surfaktan (Sunanto, 2016). Surfaktan (*surface active agents*) adalah molekul organik dengan massa molekul yang besar, larut dalam air membentuk buih dalam pengolahan air limbah sehingga akan mengganggu proses transfer oksigen (Tchobanoglous *et al.*, 2003)

Limbah *laundry* yang tidak diolah terlebih dahulu, dapat menurunkan kualitas lingkungan. Limbah *laundry* mengandung fosfat yang cukup tinggi sehingga dapat menimbulkan eutrofikasi. Eutrofikasi merupakan masalah yang merugikan ekosistem, baik perairan tawar maupun

laut. Eutrofikasi disebabkan adanya nutrisi berlebih, yang dapat menurunkan kemampuan daya dukung badan air terhadap biota air (Ikhwani, 2015).

Beberapa teknologi untuk mengurangi tingkat pencemaran oleh kegiatan *laundry*, terutama pada pembusaan. Maka diperlukan teknologi tepat untuk mengolah limbah *laundry*. Najera (2011) dalam Mohan (2014) menyatakan bahwa, sistem pengolahan yang dapat diterapkan untuk limbah *laundry* antara lain (i) koagulasi-flokulasi, (ii) Saringan pasir, (iii) *Granular Activated Carbon* (GAC) *adsorption*. Penelitian yang dilakukan oleh Cahyadi pada tahun 1999 dengan menggunakan teknik *jartest* dan pembubuhan kalsium sulfat (CaSO_4). CaSO_4 mampu menurunkan konsentrasi surfaktan sebesar 94,49% dengan konsentrasi tinggi > 500 mg/L. Hasil penelitian Susanto pada tahun 1999, menggunakan *jartest* dan pembubuhan Ca(OH)_2 untuk mereduksi surfaktan dengan persen *removal* mencapai 45,29%- 85,98% untuk konsentrasi surfaktan 100 mg/L dan 93,86%-95,16% untuk konsentrasi surfaktan 2000 mg/L.

Penelitian lain yang telah dilakukan oleh Mohan pada tahun 2014 yaitu dengan menggunakan *Nirmali seeds* sebagai koagulan dan arang sebagai media adsorben menghasilkan persen reduksi TSS sebesar 75%, COD 50% dan Surfaktan diukur dengan *Methylene Blue Active Substances* (MBAS) sebesar 82%. Sementara itu, hasil penelitian Nasution, 2012 dengan menggunakan *biofilter* didapat persentase *removal* COD sebesar 34% dan fosfat 30%. Penelitian yang dilakukan oleh Rustanto, 2012 dengan menggunakan keefektifan antara *biofilter* dan karbon aktif. Pengolahan dengan menggunakan *biofilter* memperoleh persentase *removal* untuk COD sebesar 68% dan fosfat 24%. Pengolahan dengan menggunakan karbon aktif memperoleh persentase *removal* untuk COD sebesar 50% dan fosfat 89%.

Penelitian dengan media artifisial kapur-semen dikembangkan. Kapur digunakan untuk mengurangi kandungan bahan-bahan deterjen organik (Rahimah, 2016). Penelitian pendahuluan dilakukan dengan mencari

komposisi kapur-semen yang mampu mengikat deterjen dengan menggunakan fungsi *mixing* pada *jar test* dan filtrat akan diuji nilai surfaktannya. Penggunaan semen sebagai pengikat kapur untuk dipadatkan. Rasio kapur-semen yang optimum dalam mereduksi surfaktan akan digunakan sebagai rasio media kapur-semen pada filter

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas adapun rumusan masalah yang mendasari penelitian ini antara lain:

1. Mampukah media kapur-semen mereduksi surfaktan pada proses *batch*?
2. Apakah media kapur-semen mampu menurunkan surfaktan dalam limbah *laundry* dengan aliran *continuous*?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, penelitian ini dilakukan dengan tujuan:

1. Menentukan komposisi kapur-semen untuk media artifisial pada pengurangan surfaktan air limbah *laundry*
2. Mengkaji efektivitas batu kapur (CaCO_3) sebagai media pengikat surfaktan
3. Mengkaji media kapur-semen dan batu kapur untuk menurunkan surfaktan pada air limbah *laundry*

1.4 Manfaat

Manfaat yang didapatkan dalam penelitian ini adalah, antara lain:

1. Menghasilkan media artifisial yang mampu menurunkan surfaktan dalam air limbah *laundry*
2. Komposisi kapur-semen berbentuk granular dapat dimanfaatkan untuk menurunkan surfaktan

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Sampel limbah yang diuji menggunakan limbah dari satu usaha *laundry* di Keputih
2. Pengaliran air limbah secara *continuous*
3. Variabel-variabel penelitian meliputi:
 - Jenis media yang digunakan:
 - a. Kapur (CaO)-semen

- b. Batu kapur (CaCO_3)
 - Debit yang masuk ke filter (Q1, Q2, Q3)
- 4. Parameter penelitian yang diamati adalah surfaktan, COD, PH, dan TSS

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah

Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur no. 72 tahun 2013, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair yang dibuang ke lingkungan yang dapat menurunkan kualitas lingkungan. Menurunnya kualitas lingkungan bisa dilihat dari mutu air limbah yang diterima di badan air. Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur no. 72 tahun 2013, mutu air limbah adalah kondisi kualitas air limbah yang diukur dan diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metoda tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan.

Berdasarkan sumbernya, air limbah dibedakan menjadi:

1. Air limbah rumah tangga (domestik)
Air limbah yang sebagian besar berasal dari rumah tangga, kantor, dan institusi
2. Air limbah perkotaan (*municipal wastewater*)
Air limbah yang pada prinsipnya berasal dari tempat tinggal, kantor, institusi dan lain-lain. Kemungkinan terdapat *groundwater*, air permukaan, air hujan, dan limbah industri
3. Air limbah industri
Air limbah yang berasal dari kegiatan industri (Puspitahati, 2012)

2.2 Limbah Laundry

Limbah domestik terdiri atas *blackwater* dan *greywater*. Menurut Moges *et al.*, (2017), *greywater* berasal dari dapur dan kegiatan cuci pakaian yang bisa diolah secara setempat sedangkan untuk pencemar yang lebih tinggi (*blackwater*) berasal dari toilet yang dimana air buangnya nanti akan diangkut ke pengolahan terpusat atau *recovery facility*. Kegiatan *laundry* menghasilkan *greywater* yang harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air.

Umumnya kegiatan *laundry* terdiri dari beberapa prosedur, yaitu:

1. Pengambilan cucian kotor
2. Penyortiran atau pemisahan cucian kotor
3. Pencucian, dengan tahapan sebagai berikut:
 - a. *Flush* (pembasahan)
 - b. *Washing* (penyabunan)
 - c. *Carryover suds* (pembilasan awal)
 - d. *Bleaching*
 - e. *Sour/soft (final rinse)*
 - f. *Extract* (pemerasan)
- g. Setelah proses pengeringan makan dilanjutkan proses pelipatan, umumnya *laundry* kecil dilakuka secara manual (Sukawati, 2008)

Kegiatan *laundry* umumnya menggunakan deterjen untuk menghilangkan kotoran dan noda pada pakaian. Kemudian ditambahkan pelembut atau pewangi pakaian, disini air tampak lebih keruh. Setelah dilakukan pembilasan dengan pelembut kemudian dilakukan pembilasan akhir menggunakan air bersih

Setiap kegiatan yang menghasilkan limbah harus memenuhi baku mutu jika akan dibuang ke badan air. Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur no 72 tahun 2013, baku mutu untuk usaha dan atau kegiatan *laundry* adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Baku mutu usaha dan atau kegiatan *laundry*

Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
BOD5	100
COD	250
TSS	100
Minyak dan Lemak	10
MBAS (deterjen)	10
Fosfat (sebagai P₂O₄)	10
pH	6-9

Sumber: Peraturan Gubernur Jawa Timur no 72 tahun 2013

2.3 Deterjen

Menurut (Zoller 2004, dalam Puspitahati, 2012), deterjen adalah media pembersih sintetis yang terdiri dari senyawa-senyawa yang mampu melepaskan kotoran, minyak, dan membunuh bakteri yang berguna.

Berdasarkan Arnelli (2010), larutan deterjen memiliki kandungan dari bahan utama *Surface Active Agent* (surfaktan), *builder*, *filler* dan aditif. *Builder* berfungsi untuk meningkatkan efisiensi pencuci dari surfaktan dengan menonaktifkan mineral yang menyebabkan kesadahan air. Empat kategori *builder* adalah:

- Fosfat : *sodium tripoly phosphate* (STTP)
- Acetate : *nitril tri acetate* (NTA), *ethylene diamine tetra acetate* (EDTA)
- Silicate : *zeolite*
- Citrate : *citrate acid*

Surfaktan pada deterjen digunakan untuk proses pembasahan dan pengikat kotoran, sehingga sifat dari deterjen dapat berbeda tergantung jenis surfaktannya (Kirk dan Othmer, 1982 dalam Yuliani *et al.*, 2015)

Filler (pengisi) merupakan bahan tambahan yang tidak memiliki daya cuci, namun dapat memadatkan. *Additives* adalah bahan tambahan untuk membuat produk lebih menarik seperti contohnya pewangi, pemutih, yang tidak berhubungan langsung dengan daya cuci deterjen (Rahimah *et al.*, 2016)

Detergensi adalah sifat spesifik yang dimiliki oleh surfaktan atau zat aktif permukaan untuk membersihkan suatu permukaan dari kotoran (Rosen, 1978 dalam Arnelli, 2010). Tetapi zat aktif permukaan tidak dapat membersihkan kotoran dari permukaan dengan sempurna tanpa adanya zat-zat lain sebagai penunjang seperti *builder*, dan zat aditif, sehingga detergensi diartikan lebih khusus sebagai sifat spesifik yang dimiliki oleh zat aktif permukaan (Arnelli, 2010).

Efek yang ditimbulkan oleh deterjen dalam air adalah terbentuknya lapisan film yang dapat mengganggu transfer oksigen kedalam air (Santi, 2009). Selain itu, pengaruh lain yang terjadi antara lain adanya busa putih di permukaan

perairan, perubahan fisik dan kimia, dan terjadinya eutrofikasi. Semakin tinggi kandungan deterjen di perairan, maka semakin rendah tingkat suplai oksigen yang ada di perairan. Hal ini akan memengaruhi proses respirasi pada biota laut (Yuliani *et al.*, 2015)

2.4 Surfaktan

Surfaktan memiliki fungsi untuk menurunkan tegangan permukaan air sehingga dapat melepaskan kotoran yang menempel pada permukaan bahan (Rahimah *et al.*, 2016). Hal ini terjadi karena adanya perbedaan sifat antara gugus molekul penyusun surfaktan yaitu gugus *hidrophobic* dan gugus *hidrophilic* (Santi, 2009). *Hidrophobic* memiliki sifat non polar yang tidak bisa larut dalam air, minyak, dan lemak. Fungsi *hidrophobic* adalah mengikat zat-zat pengotor. *Hidrophilic* memiliki sifat polar yang bisa larut di air, memperkecil tegangan permukaan antara zat pengotor dengan material yang akan dibersihkan (Reningtyas dan Mahreni, 2015)

Berdasar Arnelli (2010), Klasifikasi surfaktan berdasar struktur hidrofiliknya adalah sebagai berikut:

1. Surfaktan anionik
Gugus *hidrophilic*nya memiliki muatan negatif. Surfaktan jenis ini merupakan surfaktan yang paling komersial, karena harganya yang murah dan daya bersihnya bagus. Contoh surfaktan anionik adalah ABS (*Alkyl Benzene Sulphonates*), DBS (*Deodecyl Benzene Sulphonates*). ABS merupakan jenis yang paling sering digunakan karena memiliki daya bersih yang baik dan relatif tidak dipengaruhi oleh kesadahan (Santi, 2009). Namun ABS memiliki kelemahan yaitu sulit didegradasi oleh mikroorganisme di perairan (Cahyadi, 1999)
2. Surfaktan kationik
Gugus *hidrophilic*nya memiliki muatan positif. Surfaktan jenis ini sering digunakan sebagai desinfektan di rumah sakit. Sebagai contohnya adalah *trimethyl ammonium chloride* (Cahyadi, 1999)

3. Surfaktan nonionik
Gugus *hidrophilic*nya tidak memiliki muatan. Contoh untuk surfaktan nonionik adalah *Alcohol Ethoxylates*
4. Surfaktan amfoterik
Gugus *hidrophilic*nya dapat bermuatan negatif maupun positif dimana muatannya bergantung pada pH. Jika pH tinggi, bermuatan negatif dan jika pH rendah bermuatan positif (Swasono *dkk.*, 2012). Contohnya adalah *Alkylbetaines*

2.5 COD (Chemical Oxygen Demand)

COD merupakan total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat terdegradasi maupun yang sukar terdegradasi (Nasution, 2012). Penurunan COD menunjukkan adanya degradasi senyawa organik dan anorganik. Surfaktan memiliki sifat *nonbiodegradable*, pengukuran COD sangat diperlukan untuk menghitung zat organik yang sukar terdegradasi yang tersisa di suatu larutan. Sehingga, penurunan surfaktan selalu diikuti dengan penurunan COD

2.6 Kapur dan Semen

2.5.1 Kapur

Batu kapur memiliki sifat istimewa, bila dipanaskan akan berubah menjadi kapur yaitu kalsium oksida (CaO) dan terjadi proses pelepasan gas CO_2 (Sucipto, 2007). Hasil pembakaran kapur ini antara lain:

1. Kapur tohor (*Quick lime*)
Merupakan hasil langsung dari pembakaran batu kapur (CaCO_3) yang berbentuk oksida-oksida dari kalsium atau magnesium (Dowling *et al.*, 2014)
2. Kapur padam atau kapur mati (*hydrated lime/slake lime*)
Merupakan bentuk oksida dari kalsium atau magnesium yang bereaksi dengan air dan menimbulkan panas. Umumnya digunakan untuk pemasangan bata bangunan
3. Kapur hidrolik

Kapur hidrolik dijual sebagai kapur hidrat mengandung beberapa kotoran (*impurities*) yang terdiri dari silika, alumina, oksida besi (Sucipto, 2007)

Menurut Budi (2006), kapur terdapat dalam dua bentuk, yaitu CaO dan Ca(OH)_2 . CaO memiliki sifat yang mudah larut dalam air dan menghasilkan gugus hidroksil yaitu Ca(OH)_2 . Sifat-sifat fisik dan kimia Ca(OH)_2 adalah sebagai berikut:

1. Bentuk kristal, powder
2. Sebagian besar berwarna putih
3. Tingkat kepadatan $2,3 \text{ g/cm}^3$
4. Tingkat kelarutan $1,85 \text{ Ca(OH)}_2 \text{ g/L}$ air pada suhu 0°C dan $0,7 \text{ g/L}$ pada suhu 100°C
5. Memiliki kemampuan netralisasi dengan asam
6. PH cenderung basa

Pada umumnya, kapur digunakan sebagai bahan utama untuk industri baja dan bangunan. Penelitian lebih lanjut menyatakan bahwa kegunaan kapur tidak hanya untuk material bangunan, namun bisa digunakan untuk pengolahan air yang ramah lingkungan. Sebagai contohnya, produk kapur yang memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dapat digunakan untuk pengolahan air minum. Sedangkan, produk kapur yang memiliki partikel yang lebih besar bisa dimanfaatkan untuk stabilisasi tanah (Dowling *et al.*, 2014)

Hydrated lime pada umumnya digunakan untuk mereduksi kesadahan pada air (Greenleaf *et al.*, 2006). Proses pengendapan kapur juga sering digunakan untuk pengolahan air limbah. pH kapur yang tinggi (10.5-11) merupakan peran penting dalam mereduksi bakteri patogen pada air limbah domestik (Grabow *et al.*, 1978). Selain itu, pH yang tinggi dapat mereduksi nitrogen dan fosfor, sehingga menghindari terjadinya eutrofikasi pada perairan (National Lime Association, 2013).

Kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) merupakan pereaksi yang baik untuk menurunkan konsentrasi surfaktan (Sumarni dkk, 1997 dalam Rahman 2008).

2.5.2 Semen

Secara umum, semen dapat merekatkan dua atau lebih benda menjadi bentuk yang padat dan kuat (Firdaus,

2007). Semen merupakan bahan pengikat hidrolis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, dengan bahan tambahan berupa gipsum (Sutrisno dan Widodo, 2008). Apabila tercampur dengan air, semen akan mengeras menjadi suatu massa yang padat. Terdapat beberapa macam reaksi senyawa kimia antara semen dengan air, yaitu:

1. Trikalsium Aluminat ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)
2. Trikalsium Silikat ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)
3. Dikalsium Silikat ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)
4. Tetrakalsium Aluminoferrit ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) (Pratama, dkk, 2015)

2.7 Pengendapan

Pengendapan dapat terjadi apabila hasil kali kelarutan suatu senyawa dilampaui (Susanto, 1999). Partikel yang diendapkan harus berdiameter lebih dari 10^{-6} m agar mengendap pada suatu larutan sebagai endapan garam. Dimana partikel berdiameter 10^{-6} sampai 10^{-9} m disebut koloid (Kurniati, 2009). Proses pengendapan sendiri dapat dinyatakan sebagai berikut:

Ion-ion dalam larutan berukuran 10^{-10} m bergabung menjadi partikel koloid berukuran 10^{-6} sampai 10^{-9} m kemudian dapat terjadi proses pengendapan dimana ukuran partikel lebih besar dari 10^{-6} m (Underwood dan Day, 1985 dalam Kurniati, 2009).

2.8 Faktor yang memengaruhi pengendapan

Faktor-faktor penting yang sangat memengaruhi proses pengendapan menurut (Underwood dan Day, 1985 dalam Kurniati, 2009) adalah sebagai berikut:

1. Temperatur
Tingkat kelarutan akan meningkat ketika temperatur naik
2. Pengaruh ion sekutu
Penambahan suatu zat pengendap dilakukan untuk memastikan bahwa reaksi pengendapan terjadi. Ion yang ditambahkan berasal dari zat pengendap. Apabila ion sekutu berlebih, maka

- kelarutan suatu endapan lebih besar dari tetapan hasil kelarutan sehingga terjadi pengendapan
3. Pengaruh aktifitas
Ion-ion yang tidak bereaksi secara kimia dengan ion-ion endapan, sehingga disebut efek garam netral atau efek aktifitas. Semakin kecil koefisien aktifitas ion, maka hasil kali ion-ion pembentuknya besar.
 4. Pengaruh pH
Ion hidrogen bersenyawa dengan anion suatu garam untuk membentuk asam lemah, sehingga meningkatkan kelarutan garam tersebut.
 5. Pengaruh kompleks
Zat-zat kompleks berupa molekul netral atau anion. Kelarutan garam yang mengendap sangat bergantung pada konsentrasi zat-zat pembentuk kompleks.

2.9 Syarat-syarat karakteristik media

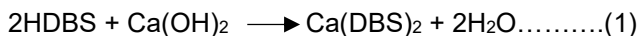
Ion organik dapat diendapkan dengan reagen organik tertentu yang disebut pengendap organik. Kebanyakan pengendap organik berikatan dengan kation. Pengendap organik membentuk endapan garam dengan ion-ion logam (Susanto, 1999).

Faktor-faktor yang memengaruhi:

1. Karakteristik media
Semakin besar luas permukaan media, maka kapasitas dalam mereduksi zat organik sebanding (Cahyadi, 1999)
2. Waktu kontak
Adanya waktu kontak yang lama menyebabkan proses reduksi zat organik semakin optimum
3. Temperatur
Temperatur yang tinggi membuat daya serap media meningkat, kemudian tingkat kelarutan meningkat dan terjadi pengendapan (Syauqiyah *et al.*, 2011)

2.10 Reaksi kapur dengan surfaktan

Menurut penelitian Kurniati (2009), unsur Ca(OH)_2 merupakan golongan alkali tanah bila bereaksi dengan HDBS (*Hydrogen Dodecyl Benzen Sulfonat*). HDBS merupakan salah satu jenis surfaktan anionik yang paling sering digunakan oleh produsen deterjen karena biaya lebih murah serta daya bersih yang baik (Santi, 2009). Mekanisme kapur saat mengikat surfaktan akan membentuk endapan garam M(DBS)_2 . Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Reaksi (1) dapat dijelaskan sebagai berikut, sampel air yang ditambahkan Ca(OH)_2 berupa bubuk akan mengalami penurunan surfaktan karena ion DBS- berikatan dengan ion logam Ca^+ dengan membentuk endapan garam. Anion Ca(OH)_2 berikatan dengan kation dari senyawa HDBS membentuk $2\text{H}_2\text{O}$. Senyawa ion DBS- berperan sebagai organik pengikat ion logam. Namun penambahan Ca(OH)_2 yang berlebihan akan menyebabkan hasil penurunan konsentrasi surfaktan yang kurang baik. Berdasarkan hasil penelitian (Kurniati, 2009) menjelaskan bahwa ketika mencapai persen reduksi optimum, penambahan kapur yang berlebihan membuat persen reduksi menurun. Hal ini dikarenakan pembubuhan Ca(OH)_2 yang berlebihan akan meningkatkan jumlah ion sekutu (Ca^{2+}) dalam larutan, sehingga meningkatkan kelarutan endapan Ca(DBS)_2 .

2.11 Penelitian terdahulu

Penelitian yang pernah dilakukan Cahyadi pada tahun 1999 yaitu menggunakan kalsium sulfat sebagai penurun kadar surfaktan pada air buangan. Penelitian tersebut dilakukan secara *batch* dengan menggunakan alat *jartest*. Variasi terhadap pembubuhan CaSO_4 untuk mendapatkan dosis yang optimum. Hasil penelitian tersebut diuji dengan metode MBAS. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa kalsium sulfat mampu menurunkan konsentrasi surfaktan pada air buangan. Persen reduksi mencapai

94,4% , namun sisa konsentrasi surfaktan masih belum memenuhi baku mutu yaitu berkisar 40mg/L – 460 mg/L.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Mohan pada tahun 2014 menggunakan proses koagulasi-flokulasi, filtrasi dan *Granular Activated Carbon* (GAC) *adsorption*. Koagulan yang digunakan adalah bagian dalam kulit buah jeruk yang mengandung *pectin* yang akan diekstrak dan digunakan sebagai salah satu koagulan. Karbon aktif digunakan sebagai media adsorben dalam prosen GAC *adsorption*. Proses ekstrak *pectin* dari bagian dalam kulit jeruk dikupas menggunakan pisau, kemudian dikeringkan dengan suhu ruangan untuk megurangi kadar air. Kemudian, ekstrak *pectin* yang sudah kering ditambahkan air lemon dan dibiarkan selama 2 jam. Dua gelas air ditambahkan dan ditunggu selama satu jam, kemudian dilakukan perebusan selama 10 menit, didinginkan, dan dikeringkan menggunakan kain. Filtrat yang dihasilkan merupakan ekstrak *pectin* dari bagian dalam kulit buah jeruk yang akan digunakan sebagai koagulan.

Hasil penelitian dengan menggunakan ekstrak pectin dengan waktu detensi selama 24 jam adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Hasil Penelitian Mohan, 2014

Parameter	Influen	Koagulasi-flokulasi	Sand filter	GAC <i>adsorption</i>
Kekeruhan (NTU)	143	118	83	15
PH	7,3	6,2	6,5	7
TSS (mg/L)	108	92	42	20
COD (mg/L)	668	556	403	291
Surfaktan (mg/L)	1,42	1,2	0,49	0,32

Sumber: Mohan, 2014

Dari hasil penelitian diatas, maka didapatkan persen *removal* untuk TSS 75%, COD 40%, dan surfaktan sebesar 92%

Penelitian menggunakan *biofilter* dilakukan oleh (Susilawati *dkk*, 2015) dengan menggunakan spuit bekas

pakai sebagai media *biofilter*nya. Sampel air limbah yang digunakan adalah sampel limbah *laundry* dari rumah sakit. Penelitian tersebut dilakukan *running* selama 28 hari dan menghasilkan persen removal untuk BOD sebesar 55,21% dan COD sebesar 45,92%.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Kurniati pada tahun 2009 dengan metode pengendapan menggunakan Ca(OH)_2 dengan alat *jartest*. Penelitian ini menghasilkan waktu pengadukan selama 45 menit dengan kecepatan pengadukan 80 rpm dan didapatkan persentase penurunan kadar surfaktan sebesar 98,03%

“Halaman ini sengaja dikosongkan”.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Umum

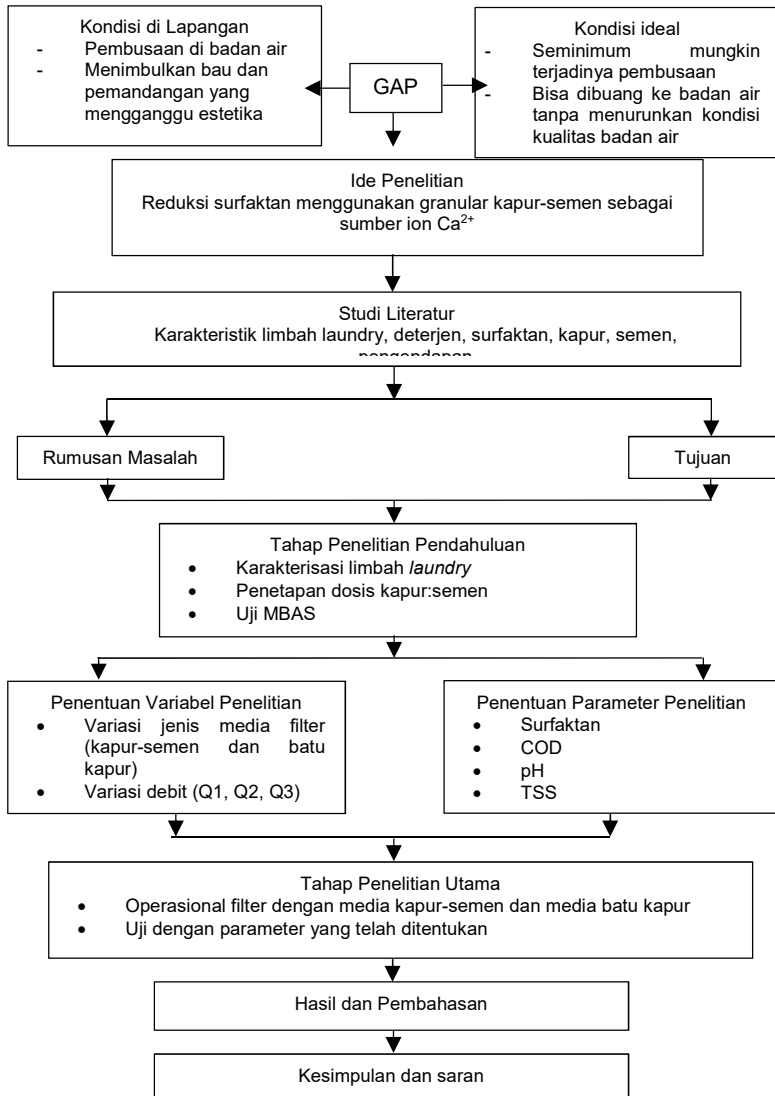
Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mencari komposisi kapur-semen sebagai media artifisial pada pengurangan surfaktan air limbah *laundry*. Selain itu, mengkaji kinerja filter dengan media kapur-semen untuk menurunkan kandungan surfaktan pada limbah *laundry*. Sumber air limbah yang digunakan adalah air limbah *laundry* di daerah Keputih.

Penelitian diawali dengan mengukur konsentrasi surfaktan dalam limbah *laundry*. Kemudian pada tahap penelitian pendahuluan, membuat media kapur-semen dengan rasio untuk kapur dan semen adalah 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, 6:1. Proses *mixing* menggunakan *jar test* dengan kecepatan pengadukan lambat untuk membantu kapur dalam mengikat surfaktan. Filtrat akan diuji kandungan surfaktannya. Komposisi kapur-semen yang paling optimum dalam mereduksi surfaktan akan digunakan untuk media kapur-semen di filter. Kapur yang digunakan adalah CaO berbentuk *powder* dan dipadatkan menggunakan semen.

Dalam penelitian utama, variasi menggunakan 2 jenis media berbeda yaitu media kapur-semen dan media batu kapur (CaCO_3) serta variasi debit yang masuk ke filter. *Effluent* diuji surfaktan untuk mengetahui tingkat reduksi yang paling optimum dengan jenis media yang berbeda. Parameter yang diuji adalah surfaktan.

3.2 Kerangka Penelitian

Ide tugas akhir ini berdasarkan kondisi eksisting di lapangan yang sering ditemui badan air yang terkena buangan air terjadi pembusaan. Pencemaran menyebabkan kerusakan ekosistem di badan air karena tidak mendapat asupan oksigen yang cukup. Secara garis besar penelitian tentang “Reduksi surfaktan menggunakan granular kapur-semen sebagai sumber ion Ca^{2+} ” dapat dilihat pada **Gambar 3.1**



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.3 Penentuan Variabel dan Parameter Penelitian Pendahuluan

3.3.1 Variasi yang akan digunakan pada penelitian pendahuluan ini adalah:

Rasio kapur-semen (1:1 , 2:1 , 3:1 , 4:1 , 5:1 , 6:1) pemilihan rasio kapur-semen berdasar hasil penelitian (Gleize *et al.*, 2003 dalam Elaty dan Mariam, 2013) perbandingan kapur:semen 1:1 menghasilkan kuat tekan yang baik. Serta menurut penelitian Gulbe *et al.*, (2017) penggunaan semen berbanding lurus dengan kuat tekan suatu media, jika penggunaan semen sedikit (0% - 4%) akan mempercepat air menyerap. Maka pada penelitian ini dipilih variasi rasio yang nantinya kapur akan *slow release* dalam mengikat surfaktan dan luruh menjadi endapan garam

3.3.2 Parameter penelitian

Parameter yang akan diukur pada penelitian ini adalah surfaktan dengan menggunakan metode MBAS (*Methylene Blue Active Substance*) berdasar *standard methods* APHA 1998, COD, TSS dan pH

3.4 Persiapan Alat dan Bahan

3.4.1 Peralatan yang digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

Tabel 3.2 Peralatan yang digunakan

No	Alat	Kegunaan
1	Reaktor	Reaktor yang disiapkan yaitu tiga reaktor dengan ukuran dimensi (15 x 15 x 60) cm. Operasional penelitian dilakukan secara sistem <i>continuous</i>
2	<i>Jartest</i>	Digunakan untuk menghomogenkan sampel dengan cara pengadukan
3	Pompa	digunakan untuk mengalirkan air pada reaktor

No	Alat	Kegunaan
4	Timbangan analitik	digunakan untuk menimbang kebutuhan kapur dan semen secara akurat
5	Valve	untuk mengatur atau mengontrol aliran yang masuk dan keluar
6	Pipa PVC	digunakan untuk mengalirkan air dari dan ke <i>biofilter</i>
7	Botol Sampel	digunakan untuk menyimpan sampel
8	Spektrofotometer	digunakan untuk mengukur absorbansi dengan panjang gelombang 652 nm
9	Corong pemisah	digunakan untuk memisahkan 2 fase dengan densitas berbeda
10	Pipet ukur	digunakan untuk memindahkan larutan atau cairan kedalam suatu wadah dengan berbagai ukuran volume.
11	Pipet tetes	digunakan untuk membantu memindahkan cairan dari wadah yang satu ke wadah yang lain dalam jumlah yang sangat kecil.
12	Propipet	digunakan untuk membantu pipet menghisap/menyedot larutan.
13	Labu pengencer	digunakan untuk pengenceran larutan sampai dengan volume tertentu
14	Bak Pengendap	Digunakan untuk mengendapkan partikel padat setelah melewati filter

3.4.2 Bahan penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Sampel air *laundry* berasal dari bisnis *Laundry* di daerah Keputih

2. Kapur CaO (*powder*)

3. Batu kapur (CaCO_3)

4. Semen

5. Selang $\frac{1}{2}$ inci

Selang $\frac{1}{2}$ inci digunakan untuk mencetak media kapur-semen dengan cara melubangi dengan diameter yang telah ditentukan sebelumnya

6. Larutan standar LAS

7. Larutan pencuci

8. Larutan *methylen blue*

9. Aquades

10. Kloroform

3.5 Penelitian Pendahuluan

Tahapan penelitian pendahuluan adalah sebagai berikut:

3.5.1 Membuat media kapur-semen

Media kapur-semen dibuat dengan rasio antara kapur dengan semen antara lain; 1:1 , 2:1 , 3:1, 4:1 , 5:1 , 6:1. Kapur dan semen dicampur dengan air dan akan berbentuk pasta semen yang selanjutnya akan dicetak dengan selang yang telah dilubangi dengan diameter yang telah ditentukan yaitu 1 cm. Campuran kapur dan semen akan dikeluarkan dari cetakan sebelum terlalu kering untuk menghindari pecahnya media. Ketebalan media yang digunakan yaitu 10 mm. Bahan yang telah jadi nantinya akan dilakukan *mixing* dengan sistem *batch* menggunakan alat *jartest*. Fungsi *mixing* adalah untuk membantu kapur mengikat limbah *laundry* yang mengandung surfaktan.

3.5.2 Uji media filter

Air limbah *laundry* disiapkan pada 6 beakerglass 1 L yang nantinya akan ditambahkan media yang telah dibuat. *Mixing* dilakukan dengan *jartest*. Pengadukan dilakukan untuk membantu kapur mengikat surfaktan. Setelah

pengadukan, diambil 50 mL larutan untuk dilakukan uji MBAS. Pengadukan dilakukan dengan kecepatan pengadukan lambat 30-40 RPM dan dilakukan selama 2 jam. Pengambilan filtrat setiap 30 menit. Dari hasil uji MBAS, dapat dilihat komposisi kapur-semen yang optimum dalam mereduksi surfaktan yang nantinya akan digunakan sebagai media pada penelitian utama.

3.6 Penelitian Utama

Hasil penelitian pendahuluan berupa komposisi yang terpilih akan digunakan pada penelitian utama. Tahapan penelitian utama adalah sebagai berikut:

3.6.1 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini akan digunakan 2 variabel, yaitu:

1. Jenis media pada filter adalah:
 - Kapur-semen
 - Batu kapur (CaCO_3)
 - Tutup botol sebagai variabel kontrol
2. Debit yang masuk pada reaktor (Q_1 , Q_2 , Q_3)
Menurut (Sunanto, 2012) Perhitungan debit akan dihitung dari pemakaian air per kg pakaian, yaitu:
Debit = jumlah mesin cuci x pemakaian air x jumlah rit
Contoh perhitungan debit untuk satu mesin cuci per hari adalah:
Jika pencucian dilakukan 5 kali tiap mesin cuci dalam satu hari, maka
 $\text{Debit} = 1 \times 60 \text{ liter/hari} \times 5 = 300 \text{ liter/hari}$
Dari debit air yang digunakan akan dihitung debit air limbah yang dihasilkan. Menurut Susilawati dkk, (2016) limbah cuci *laundry* yang dihasilkan adalah 80% dari penggunaan air. Contohnya adalah penggunaan air 300 liter/hari maka limbah yang dihasilkan adalah 240 liter/hari

3.6.2 Operasional

Alat beroperasi secara *continuous* dengan 3 reaktor dimana terbagi dengan debit yang sama dengan lama waktu tinggal yang telah ditetapkan. Air limbah dialirkan melalui media kapur-semen, media batu kapur yang telah dipecah,

serta media tutup botol sebagai variabel kontrol. Hasil *effluent* yang nantinya akan dilakukan pengendapan terlebih dahulu, karena akan terdapat endapan kapur yang luruh. *Effluent* akan diuji kandungan surfaktan dengan uji MBAS, COD, PH dan TSS. Uji MBAS dilakukan untuk mengetahui kemampuan media kapur-semen dalam mereduksi surfaktan. **Tabel 3.3** adalah kriteria desain dari *aerobic* filter

Tabel 3.3 Kriteria Desain Aerobic Filter

Parameter	Satuan	Nilai
OLR	COD/m ³ .hari	< 5-6
HLR	m ³ /m ² .jam	< 2
td	Jam	6-10

Sumber : Casey, 2006

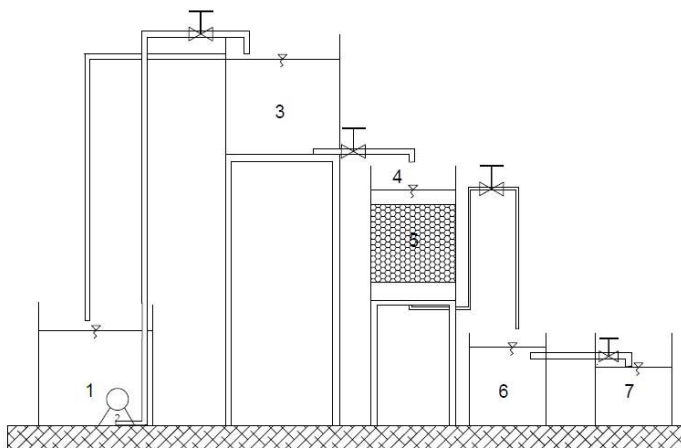
Untuk menghitung variasi debit yang masuk pada reaktor adalah dengan merencanakan variasi waktu tinggal sesuai dengan kriteria desain (6-10) jam. Berikut adalah perhitungan debit yang masuk ke filter, direncanakan dimensi reaktor adalah 15 x 15 cm dan tinggi filter adalah 65 cm. Maka volume filter adalah 0,0146 m³

1. Direncanakan $t_d = 6$ jam, maka debit yang masuk ke filter 1 adalah:
 $Q = V / t_d = 0,0146 \text{ m}^3 / 6 \text{ jam} = 6,75 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}$
 $= 58,4 \text{ liter/hari}$
2. Direncanakan $t_d = 7$ jam, maka debit yang masuk ke filter 2 adalah:
 $Q = V / t_d = 0,0146 \text{ m}^3 / 7 \text{ jam} = 5,80 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}$
 $= 50,14 \text{ liter/hari}$
3. Direncanakan $t_d = 8$ jam, maka debit yang masuk ke filter 3 adalah:
 $Q = V / t_d = 0,0146 \text{ m}^3 / 8 \text{ jam} = 5,06 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{jam}$
 $= 43,80 \text{ liter/hari}$

3.7 Gambar alat penelitian

Media yang digunakan saat penelitian utama dengan menggunakan media kapur-semen paling optimum dalam

mereduksi surfaktan dari hasil penelitian pendahuluan serta media batu kapur (CaCO_3)



Gambar 3.2 Sketsa tahapan proses penelitian

Keterangan sketsa :

1. *Holding Tank*
2. *Submersible pump*
3. Bak Penampung
4. fReaktor berisi media
5. Media kapur-semen, media batu kapur, dan variabel kontrol
6. Bak sedimentasi
7. Bak *Effluent*

3.8 Analisis Data dan Pembahasan

Setelah dilakukan penelitian pendahuluan dan utama dengan parameter dan variabel yang telah ditentukan, pengolahan data dilakukan dengan Microsoft Excel. Berikut sub-bab dari penelitian yang akan dibahas:

4.1 Karakteristik limbah *laundry*

4.2 Penelitian Pendahuluan

4.2.1 Pembuatan media kapur-semen

4.2.2 Pengaruh rasio kapur-semen terhadap reduksi surfaktan

- 4.2.3 Pengaruh lama pengadukan terhadap reduksi surfaktan
- 4.2.4 Perubahan PH selama proses *batch*
- 4.2.5 Perubahan TSS selama proses *batch*
- 4.3 Penelitian Utama
 - 4.3.1 Pengoperasian media
 - 4.3.2 Proses reduksi surfaktan dengan media kapur-semen
 - 4.3.3 Proses reduksi surfaktan dengan Media kontrol tutup botol
 - 4.3.4 Proses reduksi surfaktan dengan media batu kapur
 - 4.3.5 Perubahan konsentrasi COD terhadap media kapur-semen dan batu kapur
 - 4.3.6 Perubahan PH dan TSS terhadap media kapur-semen dan batu kapur
 - 4.3.7 Penelitian dengan rasio kapur-semen 4:1, 6:1, dan batu kapur

3.9 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan disusun berdasar hasil analisis data dan pembahasan serta menjawab tujuan dari penelitian ini. Saran disusun untuk rekomendasi terhadap penelitian terkait serta pelaksanaan penelitian lebih lanjut

“Halaman ini sengaja dikosongkan”.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Limbah Laundry

Air limbah *laundry* diambil dari salah satu usaha *laundry* di Kelurahan Keputih, Surabaya. Analisis yang dilakukan pada air limbah ini diantaranya adalah pengukuran nilai COD, surfaktan sebagai MBAS (*Methylen Blue Active Surfactants*), TSS, serta pH. Air limbah *laundry* memiliki karakteristik yang berwarna keruh dan berbau wangi karena pemberian pewangi dalam proses pencucian. Tahapan proses pencucian adalah pembasahan, penyabunan, pembilasan awal, pemerasan. Pemberian pewangi dilakukan diawal sebelum proses pencucian dimulai. Hasil analisis awal limbah mengandung pH 7,08. Hasil analisis parameter lainnya dapat dilihat pada **tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Karakterisasi awal

Parameter	Konsentrasi (mg/L)
MBAS	199,62
COD	1600
TSS	220

Pengambilan sampel air limbah dilakukan sebanyak empat kali untuk pengujian pendahuluan dengan sistem *batch* serta penelitian utama dengan menggunakan filter. Berdasarkan data diatas, didapatkan nilai surfaktan dan COD yang melebihi baku mutu menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur no 72 tahun 2013, baku mutu usaha dan atau kegiatan *laundry* untuk parameter surfaktan adalah 10 mg/L dan COD adalah 250 mg/L. Dari hasil karakterisasi awal sampel limbah *laundry*, sehingga diperlukan pengolahan filter dalam menurunkan kandungan organik berupa COD dan surfaktan.

4.2 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui rasio kapur-semen yang optimum dalam mereduksi surfaktan. Rentang rasio kapur-semen dalam uji pendahuluan ini adalah 1:1 , 2:1 , 3:1 , 4:1 , 5:1 , 6:1. Pengujian menggunakan sistem *batch* dengan menggunakan alat *jar test*. Waktu kontak yang dilakukan dalam uji pendahuluan ini adalah selama 2 jam dengan pengambilan sampel setiap 30 menit dan lama pengendapan adalah 25 hingga 35 menit. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Kurniati pada tahun 2009, lama pengendapan yang dibutuhkan untuk mengendapkan kapur dengan alat *jar test* adalah 30 menit mendapatkan persentase penurunan kadar surfaktan sebesar 98,03%. Parameter yang dianalisis dalam uji pendahuluan ini adalah MBAS, TSS, dan pH.



Gambar 4.1 Uji Pendahuluan secara *batch*

4.2.1 Pembuatan media kapur-semen

Pembuatan media kapur-semen menggunakan kapur *powder* (CaO) dan semen *portland*. Penentuan kebutuhan kapur dan semen berdasarkan perbandingan rasio *by weight*. Total berat campuran kapur dan semen yang diinginkan untuk uji pendahuluan ini adalah 100 gram, maka kebutuhan kapur dan semen pada masing-masing rasio adalah sebagai berikut:

1. Untuk 1:1, diperlukan kapur 50 gram dan semen 50 gram
2. Untuk 2:1, diperlukan kapur 66,67 gram dan semen 33,33 gram
3. Untuk 3:1, diperlukan kapur 75 gram dan semen 25 gram
4. Untuk 4:1, diperlukan kapur 80 gram dan semen 20 gram
5. Untuk 5:1, diperlukan kapur 83,33 gram dan semen 16,67 gram
6. Untuk 6:1, diperlukan kapur 85,7 gram dan semen 14,3 gram

Penentuan *by weight* agar persen komposisi air yang dibutuhkan sama pada masing-masing rasio kapur-semen yaitu sekitar 20% hingga 30% dari campuran kapur-semen. Hal ini dilakukan agar adonan menjadi tidak terlalu cair saat akan dicetak yang menyebabkan hasil adonan yang tercetak mudah pecah dan hancur. Adonan yang diharapkan adalah seperti pasta semen.



Gambar 4.2 Pembuatan adonan kapur-semen



Gambar 4.3 Pencetakan media kapur-semen

Setelah adonan jadi, dicetak menggunakan selang dengan diameter 1 cm dengan ketebalan 1 cm. Proses pengeringan adonan kapur-semen membutuhkan \pm 2 hari.

Adonan yang telah kering dikeluarkan dari cetakan, kemudian media dioven selama 24 jam untuk mengurangi kadar air. Hasil cetakan berupa granular, penggunaan semen untuk mengikat kapur agar menjadi granular dan harapannya dapat memudahkan dalam penggunaannya. Hal ini dibandingkan dengan menggunakan sistem *batch* yang kapasitas dan kemampuan reduksi surfaktan yang kurang optimum.

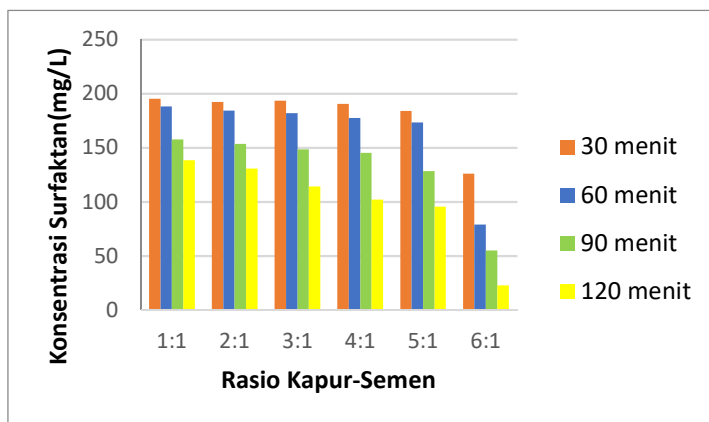
4.2.2 Pengaruh Rasio Kapur-Semen Terhadap Reduksi Surfaktan

Percobaan *batch* ini menggunakan alat *jar test* dengan beaker glass 1000 mL. Konsentrasi surfaktan awal adalah 199,62 mg/L dengan karakteristik limbah adalah berwarna ungu keruh dan berbau wangi. *Jar test* dioperasikan selama 2 jam dan setiap 30 menit diambil sampel untuk diuji kadar surfaktan. Sebelum pengambilan sampel, dilakukan pengendapan selama 25 hingga 35 menit. Hasil penelitian secara *batch* untuk berbagai rasio kapur-semen dengan berbagai variasi waktu kontak dapat ditampilkan pada **Tabel 4.2**. Pengujian kadar surfaktan untuk mengetahui penurunan konsentrasi surfaktan akibat kontak dengan kapur-semen. Berikut adalah hasil uji surfaktan berdasar rasio kapur-semen dalam mg/L

Tabel 4.2 Hasil Analisis Penurunan Konsentrasi Surfaktan pada Proses *Batch*

waktu kontak (menit)	Rasio Kapur-Semen					
	1:1	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1
	Konsentrasi Surfaktan (mg/L)					
30	195.29	192.34	193.33	190.40	183.87	126.04
60	188.21	184.24	182.03	177.40	173.20	78.84
90	157.69	153.49	148.46	145.10	128.33	54.94
120	138.49	130.85	114.07	101.91	95.62	22.65

Pada **Tabel 4.2** menunjukkan pengaruh penambahan CaO terhadap penyisihan surfaktan. Semakin lama pengadukan semakin baik efisiensi penurunan surfaktan karena kemampuan melepas ion Ca^{2+} .



Gambar 4.4 Pengaruh penggunaan rasio kapur-semen terhadap penurunan surfaktan

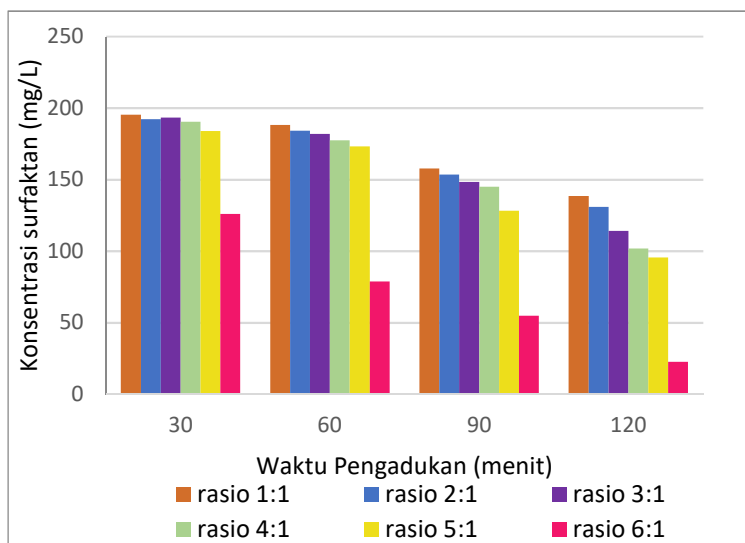
Berdasar **Gambar 4.4** rasio 1:1 mampu menurunkan konsentrasi surfaktan hingga 30,62%, rasio 2:1 mampu menurunkan konsentrasi surfaktan hingga 34,45%, rasio 3:1 mampu menurunkan konsentrasi surfaktan hingga 42,85%, rasio 4:1 mampu menurunkan konsentrasi surfaktan hingga 48,94%, rasio 5:1 mampu menurunkan konsentrasi surfaktan hingga 52,10%, rasio 6:1 mampu menurunkan konsentrasi surfaktan hingga 88,65%. Penurunan ini disebabkan oleh waktu kontak kapur mengikat surfaktan membentuk flok dan mengendap. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Santi pada tahun 2009 dimana kapur dapat mengikat surfaktan membentuk endapan garam $\text{M}(\text{DBS})_2$. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Dari 6 rasio kapur-semen diatas, maka dipilih rasio 6:1 sebagai media filter di penelitian utama karena mampu menurunkan konsentrasi surfaktan hingga 88,65%. Serta kemampuan kapur yang mudah *release* dan mengikat ion Ca^{2+}

4.2.3 Pengaruh Lama Pengadukan Terhadap Reduksi Surfaktan

Prosedur yang dilakukan sama dengan proses *batch* . Lama pengadukan menentukan waktu kontak kapur dengan air limbah. Menurut penelitian Cahyadi pada tahun 1999, lamanya waktu kontak kapur dengan surfaktan akan memengaruhi penurunan surfaktan. Berikut data hasil analisis berdasar lamanya proses pengadukan akan memengaruhi lama waktu kontak kapur-semen dengan air limbah.



Gambar 4.5 Perubahan surfaktan terhadap waktu kontak kapur

Pada menit ke-0 , karakteristik limbah *laundry* adalah keruh, berbau dan mengandung konsentrasi surfaktan

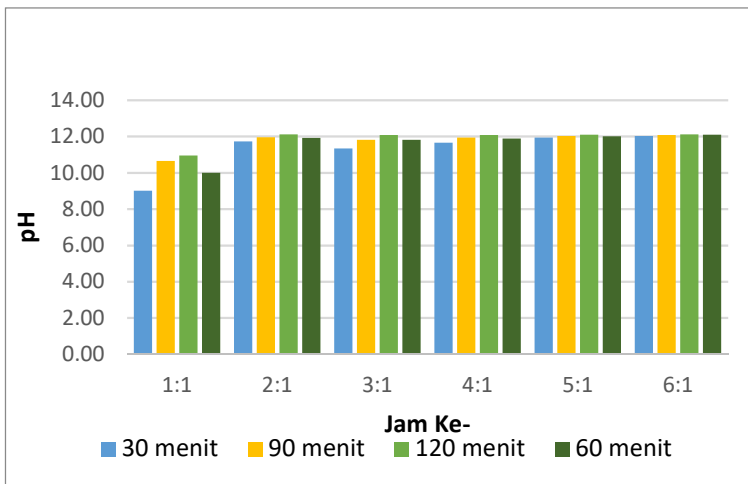
sebesar 199,62 mg/L. Pada **Gambar 4.5** menunjukkan bahwa lama pengadukan sangat memengaruhi penurunan surfaktan. Pada menit ke-30, keadaan media rasio 1:1 masih berupa padatan dan air limbah masih berwarna keruh dan berlaku pada media rasio 2:1 hingga 4:1. Keadaan media pada rasio 5:1 mulai hancur perlahan dan karakteristik air menjadi lebih keruh. Keadaan media pada rasio 6:1 mulai hancur dikarenakan jumlah kapur yang lebih banyak dibandingkan dengan semen, membuat mudah untuk hancur dan karakteristik air limbah menjadi keruh karena kapur yang mulai hancur. Hal ini diperlukan pengendapan untuk mengendapkan koloid dan menurunkan kandungan TSS.

Penyisihan surfaktan pada menit ke-30 sebesar 2,17% dengan rasio kapur-semen 1:1, 3,64% dengan rasio kapur-semen 2:1, 3,15% dengan rasio kapur-semen 3:1, 4,62% dengan rasio kapur-semen 4:1, 7,89% dengan rasio kapur-semen 5:1, 36,86% dengan rasio kapur-semen 6:1. Pada menit ke-120, penyisihan surfaktan meningkat sebesar 30,62% pada rasio 1:1 dengan keadaan media hancur hanya sebagian kecil dikarenakan jumlah perbandingan kapur dan semen yang sama, membuat ikatan antar kapur dan semennya kuat dan tidak mudah untuk hancur. Rasio 2:1 memiliki prosentase penyisihan surfaktan sebesar 34,45% dengan keadaan media yang hancur sebagian dan karakteristik air yang tidak keruh lagi setelah diendapkan. Rasio 3:1 memiliki prosentase penyisihan surfaktan sebesar 42,85% . Rasio 4:1 memiliki prosentase penyisihan surfaktan 48,94% . Rasio 5:1 memiliki prosentase penyisihan surfaktan 52,10% dengan keadaan media sudah hancur, hanya tersisa sebagian yang masih menjadi padatan dan karakteristik air limbah menjadi keruh, namun setelah diendapkan air menjadi bening. Rasio 6:1 memiliki prosentase penyisihan surfaktan sebesar 88,65% dengan keadaan media yang hancur menjadi butiran-butiran kecil dan air hasil pengadukan menjadi keruh, setelah diendapkan menjadi bening. Rasio 6:1 mudah hancur karena jumlah kapur yang lebih banyak dibandingkan semen yang membuat ikatan kapur tidak kuat dan mudah hancur. Sehingga rasio 6:1 mampu berikatan dengan surfaktan dan terjadi reduksi surfaktan paling optimum.

4.2.4 Perubahan pH selama proses *Batch*

Proses penambahan kapur dapat meningkatkan pH, karena kapur memiliki sifat basa menurut Budi, (2006). Berdasar penelitian Grabow *et al.*, (1978), kapur memiliki pH yang tinggi (10.5-11) merupakan peran penting dalam mereduksi bakteri patogen pada air limbah domestik.

Kadaan pH awal sebelum dilakukan pengadukan dengan penambahan media kapur-semen adalah 7,08. Perubahan pH dijelaskan pada **Gambar 4.6**

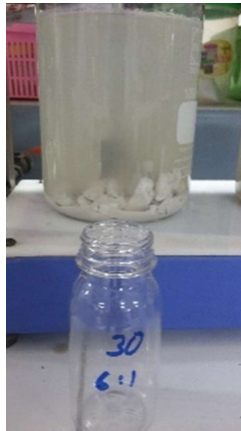


Gambar 4.6 perubahan pH selama uji pendahuluan

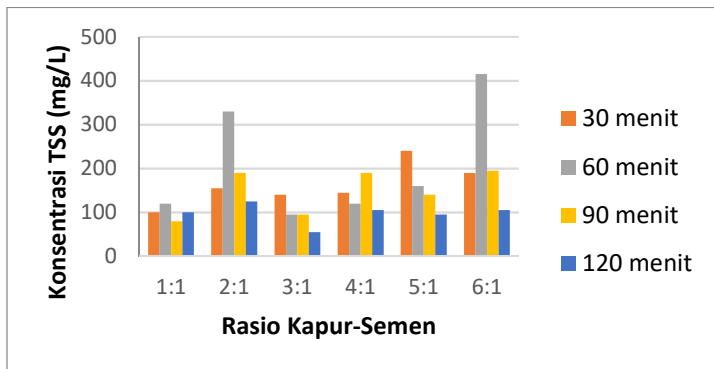
Perubahan pH pada berbagai rasio media kapur-semen seperti pada **Gambar 4.6** menunjukkan bahwa komposisi kapur-semen 6:1 mampu melepas ion Ca^{2+} lebih baik dibandingkan dengan rasio kapur-semen lainnya dengan nilai pH 12,03-12,12. Apabila dibandingkan dengan rasio kapur-semen 1:1 dengan nilai pH sekitar 9 – 10,95 yang menunjukkan bahwa kemampuan dalam melepas ion Ca^{2+} yang kurang optimum karena ikatan antara kapur dengan semen yang tidak mudah lepas dengan rasio yang jumlahnya sama.

4.2.5 Perubahan TSS selama proses *batch*

Pengukuran TSS diperlukan untuk mengetahui padatan tersuspensi yang tertinggal setelah proses pengadukan dengan kapur-semen yang dapat menghasilkan padatan yang tersisa. Konsentrasi TSS awal sebelum pengadukan adalah 220 mg/L. Adanya pengendapan diharapkan agar padatan dapat mengendap dan menurunkan konsentrasi TSS.



Gambar 4.8 Hasil pengadukan sebelum pengendapan



Gambar 4.7 perubahan kandungan TSS selama selama pengadukan

Pada **Gambar 4.7** menggambarkan kandungan TSS setelah pengadukan dan pengendapan. Pada rasio 6:1 menghasilkan konsentrasi TSS yang cukup tinggi yaitu pada rentang 105 hingga 400 mg/L. Hal ini disebabkan karena lepasnya ion Ca^{2+} yang mengendap sebagai endapan jika dibandingkan dengan rasio 1:1, memiliki konsentrasi TSS pada rentang 80-120 mg/L.

4.3 Penelitian Utama

Pada penelitian ini, menggunakan variasi media dan variasi debit. Rasio media kapur-semen yang digunakan adalah hasil dari uji pendahuluan yaitu rasio kapur-semen 6:1. Media lainnya adalah batu kapur dan tutup botol sebagai variabel kontrol. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak tiga kali dengan konsentrasi surfaktan yang berbeda-beda. Parameter yang dianalisis adalah MBAS, COD, TSS dan pH.

4.3.1 Pengoperasian Media

Pengoperasian media menggunakan sistem *continuous*. Proses yang akan digunakan adalah pengendapan. Proses ini berhubungan ketika ion Ca^{2+} *release* dan mengikat ion HDBS^- dan kemudian terjadi pengendapan berupa endapan garam. Selain variasi media, variasi debit digunakan dalam penelitian ini. Perhitungan debit dapat dilihat dibawah ini:

1. Direncanakan $t_d = 6$ jam, maka debit yang masuk ke reaktor 1 adalah:
 $Q = V / t_d = 0,0146 \text{ m}^3 / 6 \text{ jam} = 6,75 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}$
 $= 58,4 \text{ liter/hari} = 40,6 \text{ mL/menit}$
2. Direncanakan $t_d = 7$ jam, maka debit yang masuk ke reaktor 2 adalah:
 $Q = V / t_d = 0,0146 \text{ m}^3 / 7 \text{ jam} = 5,80 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}$
 $= 50,14 \text{ liter/hari} = 34,8 \text{ mL/menit}$
3. Direncanakan $t_d = 8$ jam, maka debit yang masuk ke reaktor 3 adalah:
 $Q = V / t_d = 0,0146 \text{ m}^3 / 8 \text{ jam} = 5,06 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{jam}$
 $= 43,80 \text{ liter/hari} = 30,4 \text{ mL/menit}$

Variasi debit dilakukan untuk mengetahui kemampuan media dalam mereduksi surfaktan selama waktu yang

ditetapkan. Head pompa yang digunakan adalah 3 meter. Sketsa tahapan proses pada **gambar 3.2**

Pada pengoperasian ini diperlukan bak pengendap untuk mengendapkan kapur yang terbawa di *effluent*. Rasio media kapur-semen yang digunakan adalah 6:1 yang merupakan hasil uji pendahuluan dengan sistem *batch*. Selama waktu tinggal yang telah ditentukan, media kapur-semen Lama waktu pengendapan adalah 2 jam. Pengambilan analisis dilakukan setelah pengendapan, yang kemudian akan dianalisis MBAS, TSS, COD dan pH.

4.3.2 Proses Reduksi Surfaktan dengan Media Kapur-Semen

Pada penelitian utama dilakukan pengujian sampel awal sebanyak tiga kali. Dengan waktu tinggal masing-masing adalah 6 jam, 7 jam, dan 8 jam. **Tabel 4.3** adalah konsentrasi surfaktan awal pada masing-masing pengambilan sampel

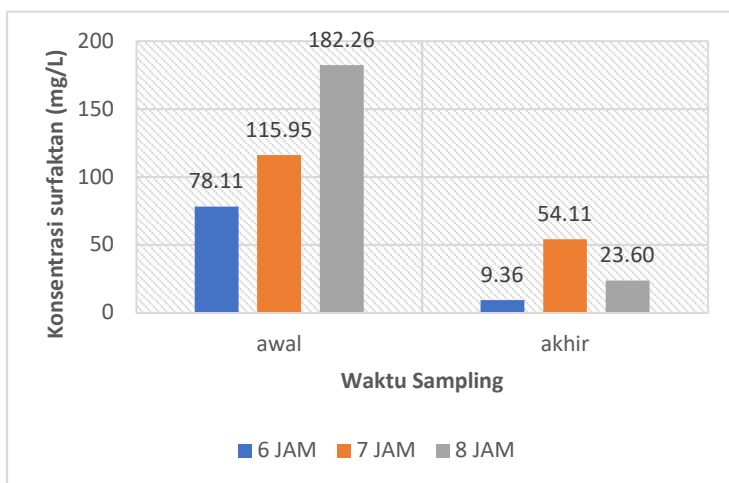
Tabel 4.3 Konsentrasi awal surfaktan

waktu tinggal (jam)	konsentrasi awal (mg/L)
6	78.11
7	115.95
8	182.26

Karakteristik air limbah *laundry* adalah berwarna keruh dan berbau. Pengambilan sampel awal saat waktu tinggal 6 jam dilakukan setelah 3 kali pencucian, sedangkan pada waktu tinggal 7 jam dilakukan setelah 4 kali pencucian, dan pada waktu tinggal 8 jam dilakukan setelah 5 kali pencucian.

Pengambilan *effluent* dilakukan setelah terjadi pengendapan selama 2 jam. Analisis surfaktan berdasarkan pada **lampiran 1** dengan terlebih dahulu mencari panjang gelombang dan membuat kurva kalibrasi yang tertera pada

Lampiran 2. Gambar 4.9 adalah hasil reduksi surfaktan dengan media kapur-semen 6:1



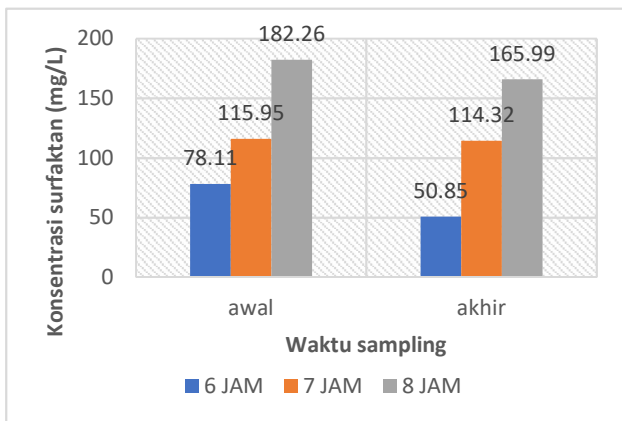
Gambar 4.9 Penurunan surfaktan dengan media kapur-semen

Pada **Gambar 4.9** terjadinya penurunan surfaktan sebesar 88% dengan waktu tinggal 6 jam dengan karakteristik air *effluent* berwarna putih sedikit keruh. Saat waktu tinggal 7 jam, efisiensi penurunan surfaktan sebesar 53%. Persen efisiensi *removal* pada waktu tinggal 8 jam adalah 87,05%. Keadaan media setelah dialiri air limbah menjadi warna ke ungu-unguan dan berbau. Berdasarkan hasil analisis diatas, dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui kemampuan media kapur-semen yang seharusnya semakin lama waktu tinggal, maka persen reduksi surfaktan akan meningkat juga.

Pengambilan sampel juga dilakukan setiap jam sebelum pengendapan untuk mengetahui kemampuan kapur-semen dalam mereduksi surfaktan yang akan dipaparkan pada **Gambar 4.12**

4.3.3 Proses Reduksi Surfaktan dengan Media Batu Kapur

Penggunaan media batu kapur sebagai salah satu media yang diharapkan dapat menurunkan surfaktan. Batu kapur sendiri bahan penyusun utamanya adalah CaCO_3 (kalsium karbonat).



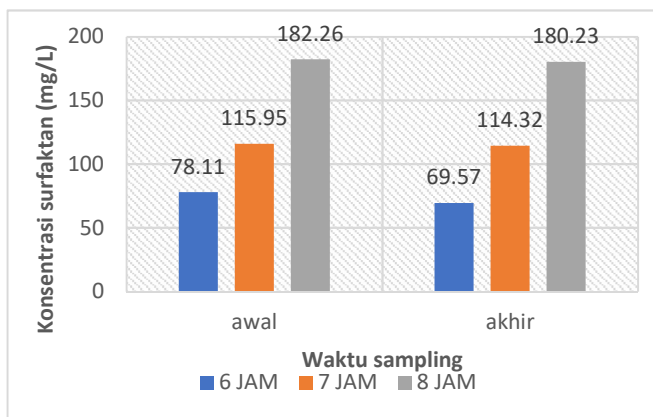
Gambar 4.10 Hasil reduksi surfaktan dengan batu kapur

Media batu kapur dipecah dari bentuk awalnya berupa balok-balok berukuran 10 x 2 cm menjadi ukuran kecil-kecil kasar dengan ukuran sekitar 2-3 cm.

Pada **Gambar 4.10**, penyisihan surfaktan menggunakan batu kapur memiliki persen reduksi sebesar 34,89% dengan waktu tinggal 6 jam. Selanjutnya penyisihan surfaktan mengalami penurunan dalam mereduksi surfaktan dengan prosentase penyisihan sebesar 1,4%. Hal ini dapat disebabkan karena kemampuan batu kapur yang sudah tidak mampu menyerap surfaktan, sehingga mendapatkan hasil *effluent* yang masih kurang. Saat waktu tinggal 8 jam, prosentase penyisihan sebesar 8,92%. Batu kapur yang telah dialiri air limbah menjadi berwarna hitam pada permukaannya.

4.3.4 Proses Reduksi Surfaktan dengan Media Kontrol Tutup Botol

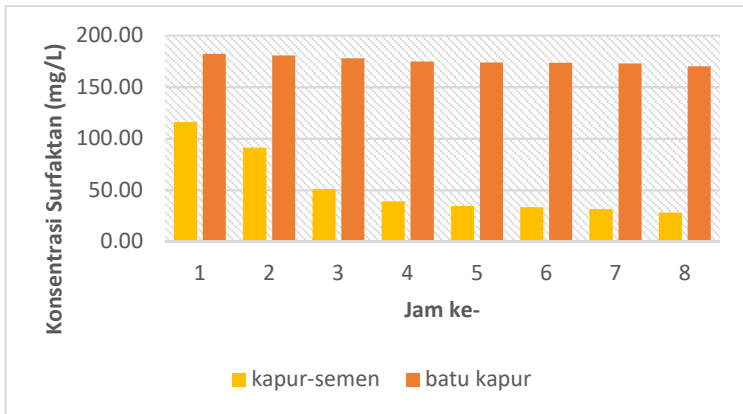
Tutup botol digunakan sebagai variabel kontrol pembandingan dengan media batu kapur dan kapur-semen karena tidak dapat mereduksi surfaktan berdasar karakteristik bahannya yang tidak mampu menyerap surfaktan. Selain penggunaan tutup botol, dapat menggunakan semen atau batu sebagai variabel kontrol karena kedua bahan tersebut tidak memungkinkan terjadi reduksi zat organik.



Gambar 4.11 Hasil reduksi surfaktan dengan media tutup botol

Pada **Gambar 4.11**, sebagai variabel kontrol, media tutup botol tidak dapat mereduksi surfaktan dengan baik. Karena persen reduksi yang didapat hanya 1,12% hingga 1,40%. Penggunaan media kontrol dinilai kurang, karena sifatnya yang mudah terapung. Sebaiknya digunakan granular semen dengan ukuran yang sama dengan media lainnya yaitu 2 – 3 cm.

Selain itu, pengambilan sampel juga dilakukan setiap jam sebelum pengendapan untuk mengetahui kemampuan batu kapur dan kapur-semen dalam mereduksi surfaktan pada **Gambar 4.12**.



Gambar 4.12 Analisis surfaktan setiap jam oleh media kapur-semen dan batu kapur

Gambar 4.12 menunjukkan efisiensi media kapur-semen dalam mereduksi surfaktan dengan analisis setiap jam. Pada rentang jam ke-1 hingga jam ke-2 efisiensi penurunan surfaktan sebesar 21,4%. Efisiensi terbesar pada rentang jam ke-2 hingga jam ke-3 sebesar 44,19%. Pada jam ke-4 besar efisiensi penurunan surfaktan sebesar 23,2%. Pada jam ke-5 besar efisiensi penurunan surfaktan sebesar 11,45%. Pada jam ke-6 besar efisiensi penurunan surfaktan sebesar 3,52%. Sedangkan pada jam ke-7 besar efisiensi penurunan surfaktan sebesar 4,87%. Pada jam ke-8 besar efisiensi penurunan surfaktan sebesar 11,53%. Dari hasil analisis diatas, pada awal pengoperasian filter dengan media kapur-semen mampu mereduksi surfaktan secara meningkat hingga jam ke-3, namun mengalami penurunan penyisihan surfaktan yang dapat disebabkan karena media kapur-semen yang sudah jenuh dan tidak mampu mereduksi surfaktan secara optimum.

Pada media batu kapur menunjukkan bahwa persen penyisihan surfaktan pada rentang jam ke-1 hingga jam ke-2 sebesar 0,89%. Pada rentang jam ke-2 hingga jam ke-3 adalah 1,57%. Pada jam ke-4, efisiensi penyisihan sebesar 1,83%. Efisiensi penyisihan pada jam ke-5, 6, 7, dan 8

berturut-turut adalah 0,48%, 0,21%, 0,23%, dan 1,64%. Berdasarkan analisis diatas, media batu kapur tidak mampu menurunkan konsentrasi surfaktan pada limbah *laundry*. Menurut penelitian Hunggurami *et al.*, (2014), hal ini dapat disebabkan oleh kandungan pada batu kapur yang tidak murni hanya terdiri dari CaCO_3 namun terdapat bahan pengisi lainnya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hunggurami *et al.*, (2014) menyampaikan bahwa komposisi bata putih menyebabkan pori yang terbentuk kecil sehingga daya serap air kecil. Hal ini yang menyebabkan kemampuan serap batu kapur terhadap air limbah menjadi jenuh dan tidak dapat mereduksi surfaktan secara optimum

Berdasar hasil penelitian diatas, media kapur-semen yang paling optimum dalam mereduksi surfaktan hingga 88% dengan konsentrasi surfaktan 9,36 mg/L, dimana menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur no 72 tahun 2013 baku mutu untuk parameter surfaktan adalah 10 mg/L. Sehingga apabila *effluent* dari media kapur-semen sudah memenuhi baku mutu. Untuk media batu kapur dan tutup botol masih belum memenuhi baku mutu karena *effluent* yang dihasilkan masih melebihi ketentuan baku mutu

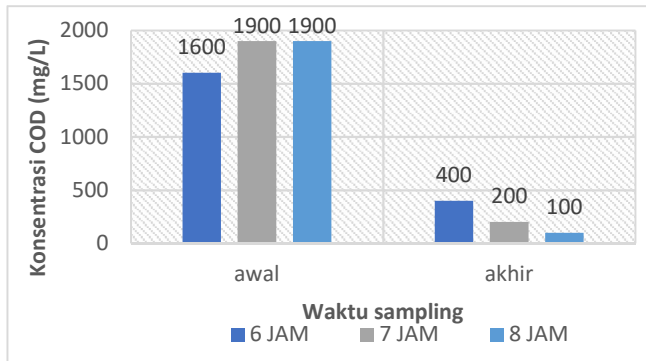
4.3.5 Perubahan konsentrasi COD Terhadap Media Kapur-Semen dan Batu Kapur

Nilai COD merupakan nilai oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik. Analisis COD dilakukan saat *effluent* setelah bak pengendap baik pada media kapur-semen serta media batu kapur. Analisis COD dilakukan sesuai pada **Lampiran 1. Tabel 4.4** adalah hasil analisis konsentrasi COD awal

Tabel 4.4 Konsentrasi COD awal

waktu tinggal (jam)	konsentrasi awal (mg/L)
6	1600
7	1900
8	1900

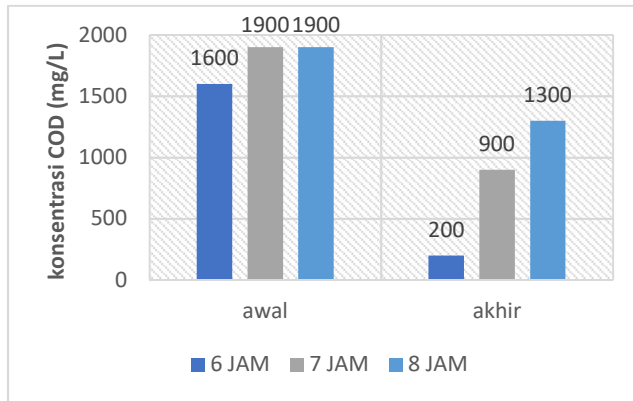
Analisis *effluent* COD dilakukan pada media kapur-semen dan batu kapur untuk mengetahui kemampuan masing-masing media filter dalam menurunkan konsentrasi COD sehingga didapatkan hasil pada **Gambar 4.13**



Gambar 4.13 Reduksi COD dengan media kapur-semen

Pada **Gambar 4.13**, kemampuan mereduksi COD oleh kapur-semen adalah sebesar 75% dengan waktu tinggal 6 jam, 89,47% dengan waktu tinggal 7 jam, dan 94,73% dengan waktu tinggal 8 jam. Dari hasil diatas, dapat dikatakan bahwa semakin lama waktu kontak air limbah dengan media, berbanding lurus dengan persen efisiensi penurunan COD. Analisis *effluent* COD dengan menggunakan media batu kapur pada **Gambar 4.14**.

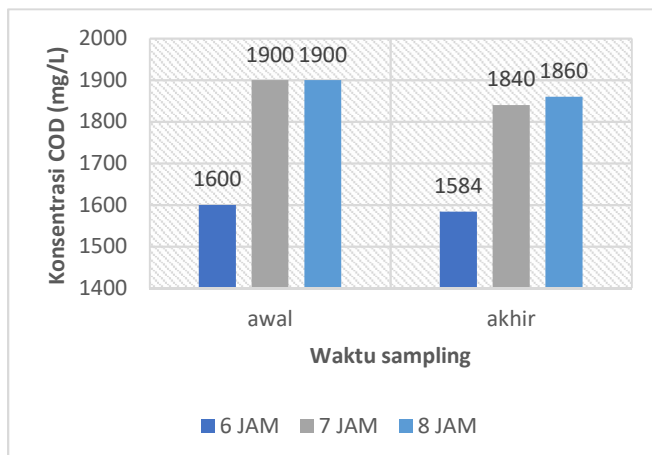
Pada **Gambar 4.14**, kemampuan mereduksi COD oleh batu kapur adalah sebesar 87,5% pada waktu tinggal 6 jam, 52,63% pada waktu tinggal 7 jam, dan 31,57% pada waktu tinggal 8 jam.



Gambar 4.14 Reduksi COD oleh media batu kapur

Dari hasil pemaparan diatas, kemampuan media batu kapur dalam mereduksi COD memiliki persen efisiensi yang tinggi saat awal pengoperasionalan filter, namun terjadi penurunan persen penyisihan saat waktu tinggal yang semakin lama. Hal ini dapat disebabkan batu kapur sudah jenuh dan tidak mampu mereduksi COD secara optimum.

Kemudian dilakukan analisis COD dengan media tutup botol sebagai variabel kontrol pada **Gambar 4.15**



Gambar 4.15 Reduksi COD oleh media tutup botol

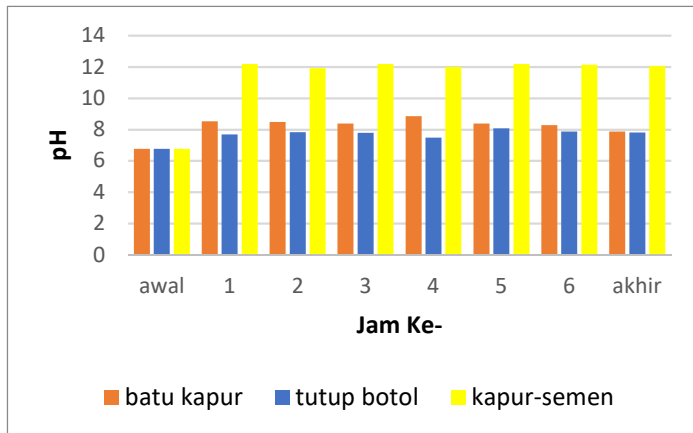
Pada **Gambar 4.15**, sebagai variabel kontrol media tutup botol kurang optimum dalam mereduksi COD. Pada waktu sampling setelah 6 jam, persen reduksi COD oleh media tutup botol adalah 1%, sedangkan pada waktu sampling setelah 7 jam adalah 3%.

Dari hasil analisis COD, media kapur-semen mampu mereduksi COD hingga 94% dengan konsentrasi COD *effluent* adalah 100 mg/L. Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur no 72 tahun 2013 baku mutu untuk parameter COD adalah 250 mg/L. Sehingga *effluent* dari media kapur-semen memenuhi baku mutu. Sedangkan *effluent* yang dilewatkan melalui media batu kapur dan tutup botol belum memenuhi baku mutu karena melebihi dari 250 mg/L.

4.3.6 Perubahan pH dan TSS Terhadap Media Kapur-Semen, Batu Kapur, dan Tutup Botol

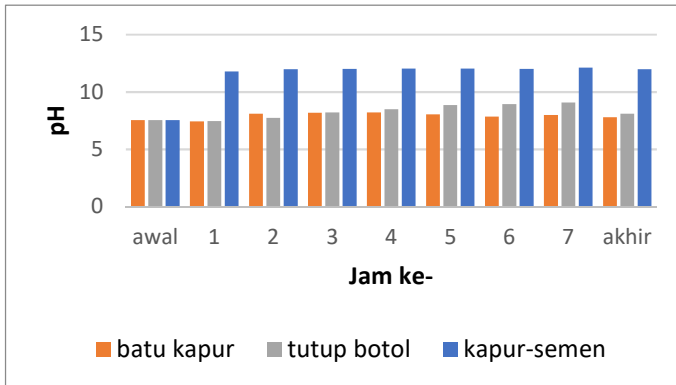
Keadaan pH awal sebelum dialirkan ke media filter adalah 6,77 saat akan pengoperasian filter selama 6 jam. Perubahan pH dijelaskan pada **Gambar 4.16**.

Pada media batu kapur dan tutup botol, kondisi pH *effluent* setiap jam pada pH netral yaitu pada rentang 7-8. Namun berbeda pada media kapur-semen yang memiliki pH



Gambar 4.16 perubahan pH saat waktu tinggal 6 jam

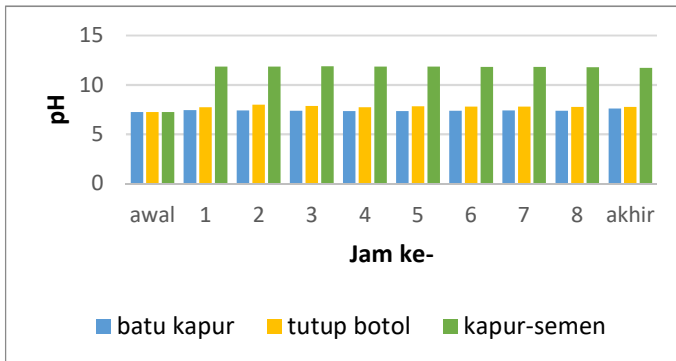
yang cukup tinggi yaitu 12. Hal ini disebabkan karena ion Ca^{2+} yang lepas dan meningkatkan pH dalam air *effluent*.



Gambar 4.17 perubahan pH saat waktu tinggal 7 jam

Sedangkan keadaan pH awal pada saat pengoperasian filter selama 7 jam adalah 7,52. Fenomena yang sama pada **Gambar 4.17** terjadi pada saat pengukuran pH setiap jam yaitu media batu kapur dan tutup botol tetap pada rentang pH 7-8, sedangkan kondisi pH yang dialirkan oleh media kapur-semen berada pada PH 12

Kondisi pH awal saat pengoperasian filter selama 8 jam adalah 7,24.

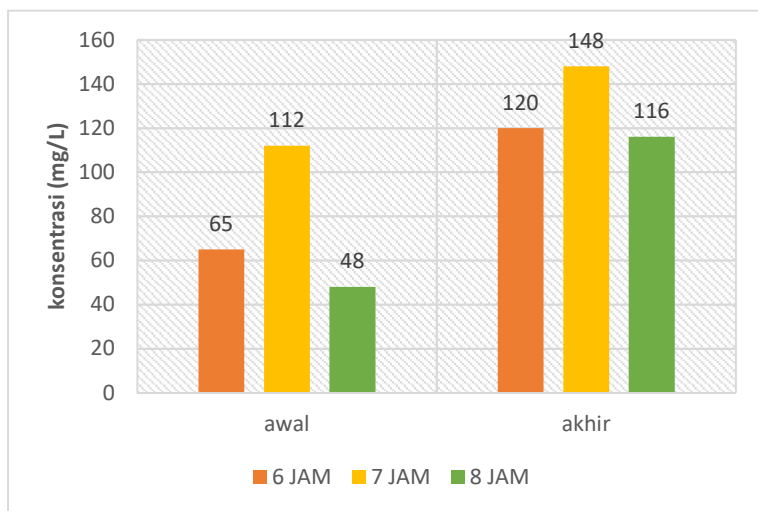


Gambar 4.18 perubahan pH saat waktu tinggal 8 jam

Gambar 4.18 menggambarkan hal yang serupa pada pengoperasian filter sebelumnya.

Adanya pengendapan tidak memengaruhi penurunan pH pada sampel. pH saat sampel melewati media kapur-semen tetap pada nilai 12 yaitu basa akibat adanya ion Ca^{2+} yang lepas menjadi endapan garam.

Pengukuran parameter TSS bertujuan untuk mengetahui kandungan padatan tersuspensi yang tertinggal pada sampel air limbah. Konsentrasi TSS awal pada saat pengoperasian selama 6 jam adalah 65 mg/L. Pada saat pengoperasian selama 7 jam adalah 112 mg/L. Kemudian pada saat pengoperasian selama 8 jam adalah 48 mg/L. Setelah air limbah dialirkan ke masing-masing media filter dengan lama waktu tinggal yang telah ditetapkan, berikut adalah kandungan TSS akhir setelah dilakukan pengendapan selama 2 jam yang tersaji pada **Gambar 4.19** dan **Gambar 4.20**

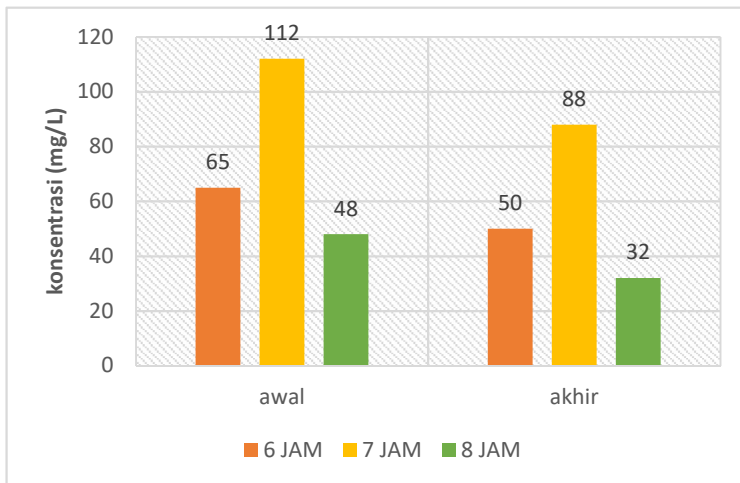


Gambar 4.19 Hasil analisis TSS oleh media kapur-semen

Pada **Gambar 4.19** kandungan TSS menjadi tinggi meskipun telah dilakukan pengendapan. Penyebab

tingginya konsentrasi TSS adalah banyaknya media kapur-semen yang *release* secara perlahan selama proses filter berlangsung, seperti menurut penelitian Surest *et al.*, (2012), ion Ca^{2+} dapat lepas dan berikatan dengan ion DBS^- membentuk endapan garam, dan menyebabkan nilai TSS yang naik.

Tingginya kandungan TSS dari *effluent* yang melewati media kapur-semen dengan rasio 6:1, dilakukan penelitian lanjutan dengan membandingkan kapur-semen dengan rasio 4:1, hal ini dipilih rasio 4:1 agar TSS yang terkandung pada *effluent* tidak terlalu tinggi.



Gambar 4.20 Hasil analisis TSS oleh media batu kapur

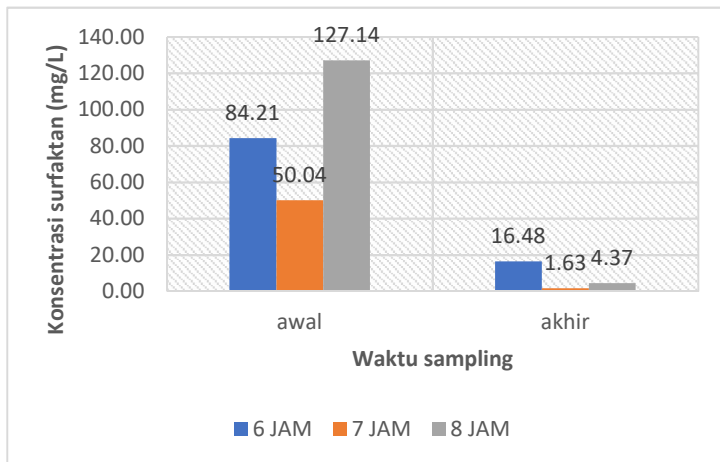
Pada **Gambar 4.20** konsentrasi TSS turun hal ini disebabkan kemampuan *release* batu kapur lebih rendah dibandingkan dengan kapur-semen. Karena karakteristik batu kapur yang tidak mudah terkikis, sehingga padatan yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan dengan kapur-semen. Adanya pengendapan dapat mengurangi konsentrasi TSS *effluent* dari media batu kapur. Sehingga metode pengendapan setelah filter cukup efektif untuk media batu kapur, tetapi kurang efektif untuk media kapur-semen. Lama waktu pengendapan juga memengaruhi hasil

TSS *effluent*, sehingga pada penelitian ini kedepannya diperlukan waktu pengendapan yang lebih lama.

4.3.7 Penelitian dengan rasio kapur-semen 4:1, 6:1 dan batu kapur

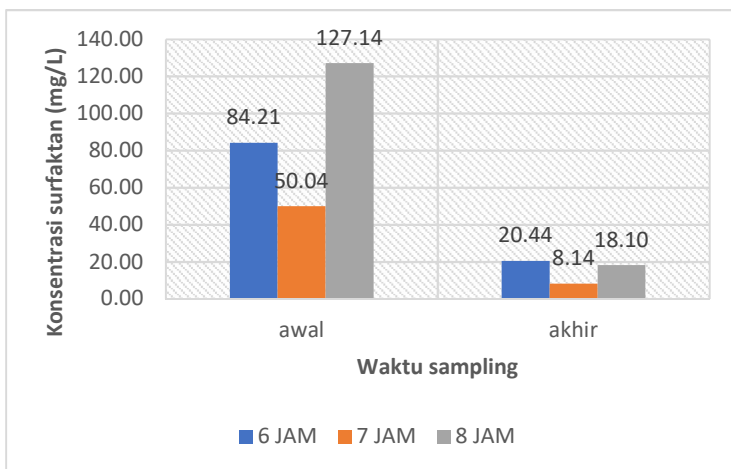
Pemilihan rasio kapur-semen 4:1 sebagai media pembanding rasio 6:1 karena kandungan TSS yang dihasilkan cukup tinggi. Diperlukan rasio kapur-semen yang kapurnya lebih sedikit agar TSS yang dihasilkan tidak tinggi dan mampu mereduksi surfaktan dengan optimum. Selain itu, dilakukan penelitian lanjutan untuk melakukan penelitian ulang pada media kapur-semen 6:1 dan batu kapur. Hal ini disebabkan hasil penelitian sebelumnya menghasilkan persen reduksi yang naik-turun. Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kinerja media kapur-semen dan batu kapur. Pemilihan rasio 4:1 juga berdasarkan uji secara *batch*, dimana setelah pengoperasian selama 2 jam, didapatkan persen reduksi surfaktan sebesar 48,94%.

Proses *running* dilakukan sebanyak 3 kali dengan waktu tinggal 6 jam, 7 jam, dan 8 jam. Parameter uji adalah MBAS, COD, TSS dan pH. **Gambar 4.21 – 4.23** adalah hasil uji analisis untuk parameter MBAS



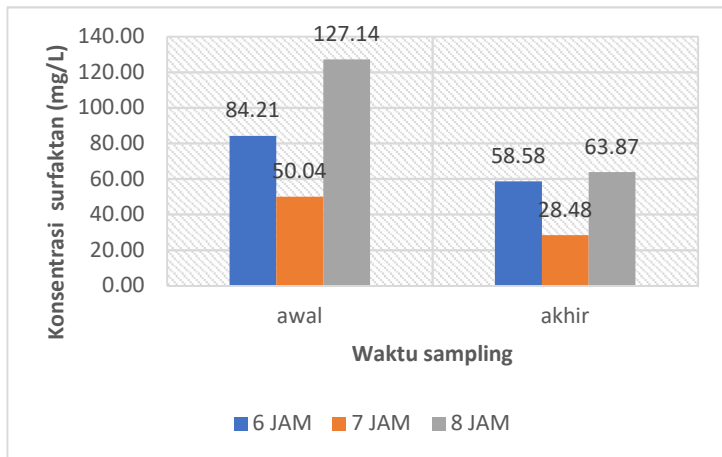
Gambar 4.21 Reduksi surfaktan dengan media kapur-semen 6:1

Pada **Gambar 4.21-4.23** , hasil analisis menunjukkan bahwa media kapur-semen dengan rasio 6:1 mampu mereduksi surfaktan sebesar 80% pada saat pengoperasian selama 6 jam, 97% pada saat pengoperasian 7 dan 8 jam. Hal ini dapat disebabkan semakin lama waktu tinggal air limbah, maka tingkat reduksi juga meningkat. Setelah pengoperasian 30 hari, media kapur-semen belum mengalami kejenuhan dimana media tidak dapat mereduksi surfaktan lagi. Hal ini ditunjukkan dengan persen reduksi yang semakin meningkat. *Effluent* dari media kapur-semen memenuhi baku mutu yaitu dibawah 10 mg/L.



Gambar 4.22 Reduksi surfaktan dengan media kapur-semen 4:1

Penggunaan media kapur-semen dengan rasio 4:1 mampu mereduksi hingga 76% pada saat pengoperasian selama 6 jam, 80% saat waktu tinggal 7 jam dan 86% saat waktu tinggal 8 jam. Persen reduksi dari rasio 4:1 tidak sebesar menggunakan rasio 6:1 karena jumlah kapur yang lebih sedikit sehingga kemampuan mereduksi surfaktan tidak sebaik 6:1



Gambar 4.23 Reduksi surfaktan dengan media batu kapur

Pada media batu kapur mampu mereduksi surfaktan sebesar 30% dengan waktu tinggal 6 jam, 43% dengan waktu tinggal 7 jam, dan 50% dengan pengoperasian selama 8 jam. Pada penelitian utama sebelumnya, kemampuan batu kapur dalam mereduksi surfaktan dikatakan jenuh atau tidak dapat mereduksi surfaktan lagi. Namun setelah 30 hari, batu kapur mampu mereduksi surfaktan dan terjadi peningkatan persen reduksi selama pengoperasian. Hal ini dapat disebabkan terjadi pertumbuhan mikroorganisme pada permukaan batu kapur. Menurut Tchobanoglous *et al*, (2014), lapisan mikroorganisme dapat cepat tumbuh bila tersedianya unsur karbon (C), Nitrogen (N), dan Fosfor (P). Unsur-unsur tersebut merupakan nutrisi untuk mikroorganisme tumbuh. Sehingga lapisan mikroorganisme yang terbentuk menebal.

Mekanisme proses pengendapan dapat dijelaskan dari menghitung nilai Gtd. Rumus yang digunakan untuk menghitung Gtd adalah:

$$Gtd = G \times td$$

Dimana:

Gtd = Bilangan Champ

G = gradien kecepatan (/detik)

td = waktu tinggal (detik)

dengan kriteria desain untuk proses Flokulasi:

G = 20 – 100/detik

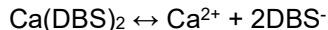
td = 10 – 60 menit

Gtd = 48000 – 210000 (Rosidi, 2017)

Terjadinya proses pengendapan dapat dihitung dari hasil kali kelarutan. Berdasar penelitian Susanto, (1999), untuk mengendapkan HDBS membutuhkan dosis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang besar. Didapatkan nilai Ksp $\text{Ca}(\text{DBS})_2$ yaitu 11,23 , sehingga untuk melampaui Ksp 11,23 diperlukan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dalam jumlah yang cukup besar agar terjadi pengendapan.

Dari **Gambar 4.21** diketahui bahwa konsentrasi awal surfaktan adalah 127,14 mg/L dengan penggunaan kapur-semen rasio 6:1 didapatkan hasil sisa surfaktan 4,37 mg/L, sehingga:

$$(\text{DBS}^-) = \frac{0,00437 \text{ gr/L}}{325} = 1,34 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$



$$6,7 \times 10^{-6} \leftrightarrow 6,7 \times 10^{-6} + 1,34 \times 10^{-5}$$

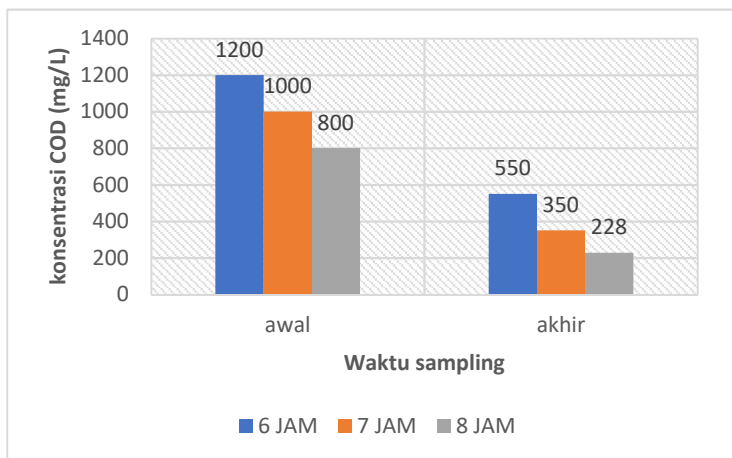
$$\text{Ksp } \text{Ca}(\text{OH})_2 = [\text{Ca}^{2+}] [\text{DBS}^-]^2$$

$$= 6,7 \times 10^{-6} \times (1,34 \times 10^{-5})^2$$

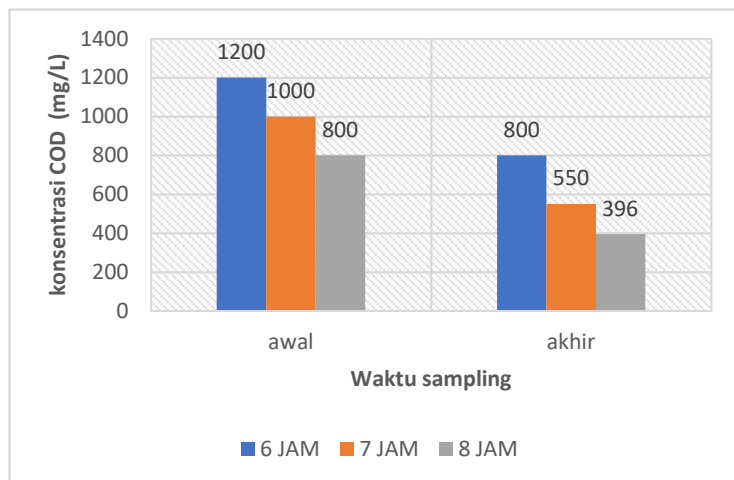
$$= 1,20 \times 10^{-15} < \text{Ksp } \text{Ca}(\text{DBS})_2 (10^{-11,23})$$

Dari hasil perhitungan diatas, penggunaan kapur dengan rasio 6:1 memungkinkan terjadinya pengendapan dengan syarat perpanjangan waktu tinggal saat proses pengendapan

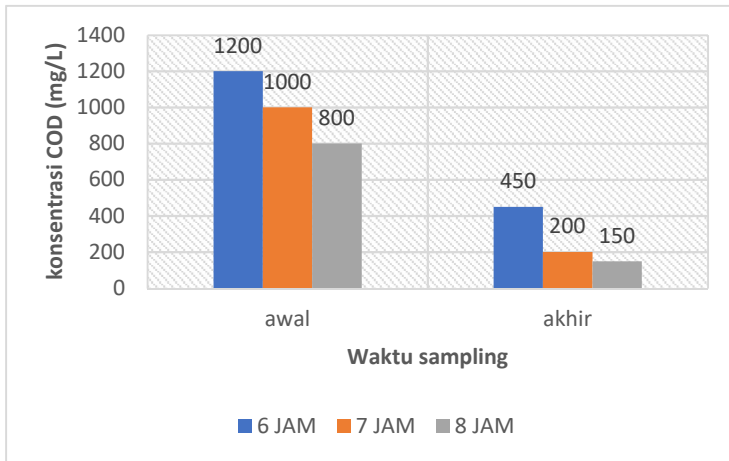
Kemudian hasil analisis untuk parameter COD pada ketiga media pada **Gambar 4.24 – 4.26**



Gambar 4.25 Reduksi COD dengan media batu kapur



Gambar 4.24 Reduksi COD dengan media kapur-semen 4:1



Gambar 4. 26 Reduksi COD dengan media kapur-semen 6:1

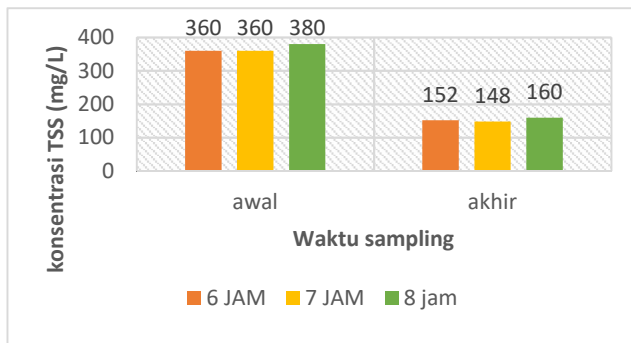
Pada **Gambar 4.25** menunjukkan bahwa media batu kapur mampu mereduksi 54% COD saat pengoperasian selama 6 jam, 65% saat waktu tinggal 7 jam, dan 72% saat waktu tinggal 8 jam. Kenaikan persen reduksi COD oleh media batu kapur dapat disebabkan karena tumbuhnya biofilm, sehingga mampu mereduksi zat organik secara optimum dan menghasilkan *effluent* dengan kandungan COD sebesar 228 mg/L saat pengoperasian selama 8 jam. Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur no 72 tahun 2013 baku mutu untuk parameter COD adalah 250 mg/L, sehingga memenuhi baku mutu. Sedangkan saat pengoperasian 6 dan 7 jam, masih belum memenuhi baku mutu yaitu 550 mg/L dan 350 mg/L. Lamanya waktu tinggal sangat memengaruhi proses reduksi zat organik. Semakin lama waktu tinggal mikroorganisme akan memberi waktu kontak dengan bahan organik sehingga terjadi degradasi senyawa organik yang menyebabkan penurunan COD (Doraja *et al.*, 2012)

Reduksi COD dengan media kapur-semen rasio 4:1 pada **Gambar 4.24** menunjukkan persen reduksi sebesar

33% saat waktu tinggal 6 jam, 45% saat waktu tinggal 7 jam, dan 51% saat waktu tinggal 8 jam. Dari hasil analisis diatas, didapat *effluent* dari media kapur semen rasio 4:1 masih belum memenuhi baku mutu, karena konsentrasi COD *effluent* sebesar 800 mg/L setelah pengoperasian selama 6 jam, 350 mg/L saat waktu tinggal 7 jam, dan 396 mg/L setelah pengoperasian selama 8 jam.

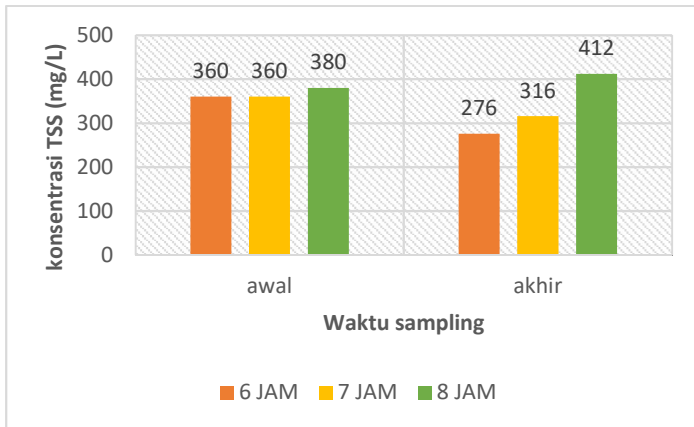
Penggunaan media kapur-semen rasio 6:1 pada **Gambar 4.26**. Menunjukkan bahwa *effluent* yang melewati media tersebut memenuhi baku mutu yaitu pada saat waktu pengoperasian 7 jam adalah 200 mg/L dan saat setelah 8 jam yaitu 150 mg/L. Besar persen reduksi oleh kapur-semen rasio 6:1 adalah 63% saat pengoperasian 6 jam, 80% saat pengoperasian 7 jam, dan 81% saat pengoperasian 8 jam. Kenaikan persen reduksi COD oleh media tersebut dapat disebabkan karena adanya mikroorganisme yang tumbuh pada media kapur-semen, dan setelah 30 hari, media tersebut belum mengalami kejenuhan. Hal ini dapat ditunjukkan dengan adanya reduksi COD yang semakin meningkat.

Kemudian dilakukan analisis TSS pada masing-masing media. Analisis TSS sangat penting untuk dianalisis karena kandungan kapur yang larut perlu diperhatikan agar nilai TSS yang dihasilkan masih wajar dan tidak melebihi baku mutu. Hasil analisis TSS terdapat pada **Gambar 4.27 – 4.29**



Gambar 4.27 Analisis TSS dengan media batu kapur

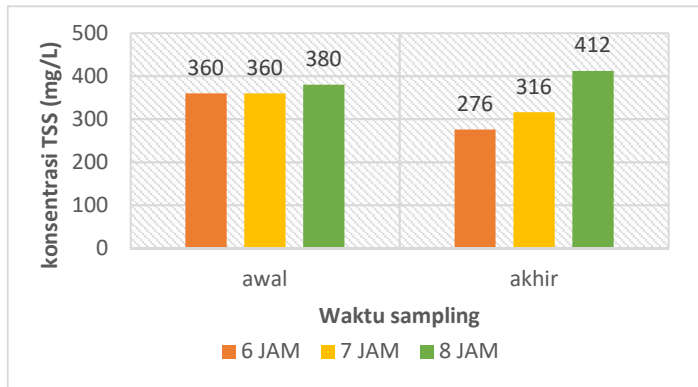
Pada **Gambar 4.27**, media batu kapur mampu mereduksi TSS sebesar 58% hingga 59% dengan konsentrasi TSS sebesar 152 mg/L saat pengoperasian selama 6 jam, 148 mg/L saat waktu tinggal 7 jam, dan 160 mg/L pada waktu tinggal 8 jam. setelah 30 hari, ternyata batu kapur masih mampu mereduksi TSS walaupun *effluent* yang dihasilkan masih belum memenuhi baku mutu yaitu lebih dari



Gambar 4.28 Analisis TSS dengan media kapur-semen 4:1

100 mg/L.

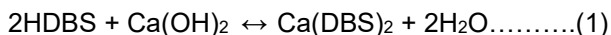
Penurunan TSS oleh media kapur-semen dengan rasio 4:1 pada **Gambar 4.28** menunjukkan bahwa saat pengoperasian 6 jam, media kapur-semen mampu mereduksi TSS sebesar 69% dengan konsentrasi TSS 112 mg/L. Kemampuan mereduksi TSS semakin menurun seiring lamanya waktu tinggal. Saat waktu tinggal 7 jam, persen reduksi TSS sebesar 27% dengan konsentrasi TSS *effluent* 264 mg/L. Pada waktu tinggal 8 jam, persen reduksi TSS sebesar 14% dengan konsentrasi *effluent* sebesar 328 mg/L. Hal ini dapat disebabkan luruhnya kapur saat *running* dan menyebabkan kandungan TSS meningkat dan tidak dapat mereduksi TSS secara optimum.



Gambar 4.29 Analisis TSS dengan media kapur-semen 6:1

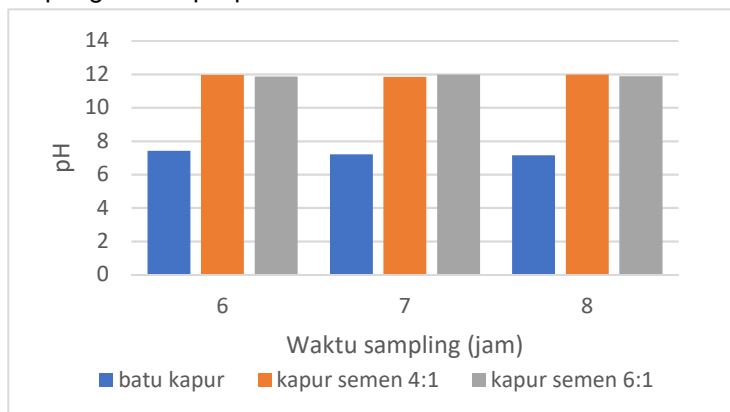
Pada **Gambar 4.29** menunjukkan bahwa media kapur-semen rasio 6:1 tidak terlalu optimum dalam mereduksi TSS. Seperti halnya saat waktu tinggal 6 jam, persen reduksi yang dihasilkan sebesar 23% dengan konsentrasi TSS *effluent* 276 mg/L. Saat waktu tinggal 7 jam, terjadi penurunan persen reduksi menjadi 12% dengan konsentrasi TSS *effluent* sebesar 316 mg/L. Sedangkan saat waktu tinggal 8 jam, kandungan TSS meningkat dan tidak ada reduksi, sehingga konsentrasi *effluent* sebesar 412 mg/L. Penggunaan media kapur-semen dengan rasio 6:1 kurang optimum dalam penurunan kandungan TSS. Hal ini dapat disebabkan luruhnya kapur yang berikatan dengan surfaktan, serta jumlah kapur yang lebih banyak dibandingkan semen. Sehingga kapur mudah lepas dari pengikat semen dan menyebabkan kandungan TSS meningkat. Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur no 72 tahun 2013 baku mutu untuk parameter TSS adalah 100 mg/L. Sehingga *effluent* yang dilewatkan melalui media kapur-semen dengan rasio 6:1 tidak memenuhi baku mutu karena melebihi 100 mg/L.

Mekanisme reaksi antara surfaktan dengan kapur-semen adalah sebagai berikut:



Berdasarkan persamaan reaksi (1). Ketika ion Ca^+ berikatan dengan ion DBS^- akan mengendap berupa garam, bila *effluent* dibuang ke badan air yang luas, ikatan $\text{Ca}(\text{DBS})_2$ bisa lepas dan tidak menimbulkan peningkatan kandungan TSS.

Pengukuran pH dilakukan untuk mengetahui kandungan pH *effluent* dari masing-masing media yang dilewati. pH awal saat pengoperasian selama 6 jam adalah 6,86, saat waktu tinggal 7 jam adalah 6,85, dan saat waktu tinggal 8 jam pH awal sebesar 6,9. Berikut adalah hasil pengukuran pH pada **Gambar 4.30**



Gambar 4.30 perubahan pH pada *effluent* masing-masing media

Pada **Gambar 4.30** media batu kapur berada pada kondisi pH netral yaitu pada rentang 6-7. Namun berbeda pada media kapur-semen baik rasio 4:1 dan 6:1 yang memiliki pH yang cukup tinggi yaitu mendekati 12. Hal ini disebabkan karena ion Ca^{2+} yang lepas dan meningkatkan pH dalam air *effluent*. Menurut Kurniati (2009), peningkatan pH terjadi seiring banyaknya penggunaan kapur dan menyebabkan campuran semakin bersifat basa.

Berdasarkan pembahasan di atas, efektivitas media kapur-semen dapat diukur dari segi parameter surfaktan dan COD didapatkan persen reduksi yang optimum dan *effluent* yang memenuhi baku mutu. Kelebihan dari media kapur-

semen ini adalah kemampuan *slow release* untuk berikatan dengan surfaktan sehingga menghasilkan reduksi yang optimum. Sehingga, media kapur-semen efektif dalam mereduksi zat organik. Namun pada parameter TSS, media kapur-semen menghasilkan tingkat kekeruhan yang cukup tinggi. Apabila dibuang ke badan air, ikatan $\text{Ca}(\text{DBS})_2$ akan terurai kembali dan kandungan TSS berkurang. Penggunaan kapur mengakibatkan kandungan pH yang bersifat basa >11 , sehingga *effluent* yang dihasilkan memerlukan proses netralisasi terlebih dahulu. Penambahan asam diperlukan untuk menurunkan pH yang bersifat basa. Proses netralisasi menggunakan asam sulfat. Pemilihan asam sulfat karena harga di pasaran yang lebih murah dibandingkan dengan asam klorida (HCl) (Pertiwi, 2013). Proses netralisasi ini dilakukan setelah dilewatkan unit *sand filter*.

Efektivitas media batu kapur mampu mereduksi surfaktan dan COD secara optimum setelah 30 hari. Hal ini disebabkan adanya pertumbuhan mikroorganisme pada permukaan media yang membantu proses degradasi zat organik pada limbah yang dialirkan ke media batu kapur. TSS dan pH yang dihasilkan memenuhi baku mutu sehingga tidak diperlukan penambahan bahan kimia atau unit tambahan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pada bab sebelumnya, maka kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Komposisi kapur-semen yang terpilih untuk media artifisial dari hasil uji secara *batch* adalah 6:1 dengan persentase penurunan surfaktan sebesar 88,65%
2. Efektivitas media batu kapur dalam mereduksi surfaktan hingga 49,76%. Mereduksi COD hingga 72%. Penurunan ini disebabkan adanya mikroorganisme yang tumbuh pada permukaan media dan membantu degradasi zat organik dalam larutan
3. Efektivitas media kapur-semen jika dibandingkan dengan media batu kapur, mampu mereduksi surfaktan dan COD lebih baik. Kemampuan media dalam mereduksi surfaktan juga disebabkan oleh persatuan luas media. Penggunaan kapur pada media kapur-semen menghasilkan TSS yang lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan media batu kapur. Selain itu, penggunaan kapur juga menghasilkan pH yang tinggi, sehingga diperlukan pengolahan tambahan dibandingkan dengan media batu kapur yang menghasilkan pH yang masih memenuhi baku mutu.

5.2 Saran

Saran disusun untuk rekomendasi terhadap penelitian terkait serta pelaksanaan penelitian lebih lanjut. Saran tersebut diantaranya:

1. Hasil *effluent* dari media kapur-semen masih mengandung TSS yang cukup tinggi. Untuk keperluan aplikasi, diperlukan unit tambahan antara lain

menggunakan *sand filter* atau proses sedimentasi dengan waktu tinggal yang lebih lama

2. pH yang terkandung pada *effluent* media kapur-semen melebihi baku mutu, sehingga diperlukan proses netrlisasi agar kandungan pH memenuhi baku mutu
3. Penelitian lebih lanjut menggunakan media batu kapur dengan waktu operasi yang lebih lama agar biofilm dapat tumbuh sehingga sistem dapat bekerja sebagai biofilter

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad J., dan El-Dessouky H. 2008. "Design of a Modified Low Cost Treatment System for the Recycling and Reuse of Laundry Wastewater". **Resource, conservation and recycling 52, 973-978**
- Arita, S., Risa, P. S., Ivana, L. 2015. "Purifikasi Limbah Spent Acid dengan Proses Adsorpsi Menggunakan Zeolit dan Bentonit". **Jurnal Teknik Kimia No. 4 Vol. 21**
- Arnelli. 2010. "Substitusi Surfaktan dari Larutan Deterjen dan Larutan Deterjen Sisa Cucian serta Penggunaannya Kembali sebagai Deterjen". **Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi 13 (1) : 4-7**
- Astuti, W. T. D., Tri, J., Nikie, A. Y. D. 2016. "Efektivitas Larutan Kapur Dalam Menurunkan Kadar Fosfat pada Limbah Cair RSUD Kota Semarang". **Jurnal Kesehatan Masyarakat vol. 4 no. 3: 941-948**
- Barros, L. A. F., Leal, F. L. S., Peres, A. E. C. 2000. **Technical Note Plant Practice Innovations in a PHosphoric Acid Concentrator**. Dept of Mining Engineering USP: Brazil
- Budi, S. S. 2006. **Penurunan Fosfat dengan Penambahan Kapur (lime), Tawas, dan Filtrasi Zeolit Pada Limbah Cair**. Tesis. Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro: Semarang
- Cahyadi. 1999. **Studi Penggunaan Kalsium Sulfat Sebagai Penurun Kadar Surfaktan Jenis DBS (Dodecyl Benzene Sulphonate) Dalam Air Buangan**. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS: Surabaya
- Casey, T. J. 2006. **Unit Treatment Processes in Water and Wastewater Engineering**. Blackrock: Aquavara Research Limited
- Doraja, P. H., Maya, S., Kuswitasari, N. D. 2012. "Biodegradasi Limbah Domestik dengan Menggunakan Inokulum Alami dari Tanki Septik". **Jurnal sains dan seni ITS vol.1 no.1: 44-47**

- Dowling, A., Jean, O' D., Catherine, C., Adley. 2014. "Lime in the Limelight". **Journal of Cleaner Production** **S0959-6525(14)01343-2**
- Elaty, M. A. A., dan Mariam, F. G. 2013. "Performance of Portland Cement Mixes Containing Silica Fume and Mixed with Lime-Water". **Journal of Housing and Building National Research Center**, **10**: 247-257
- Firdaus, A. 2007. Proses Pembuatan Semen Pada PT. Holcim Indonesia, tbk. **Jurnal Teknik Kimia Fakultas Teknik. Universitas Sultan Agung Tirtayasa: Banten**
- Giagnorio, M., Antonio, A., Henrik, G., Alberto, T. 2017. "Environmental Impacts of Detergents and Benefits of Their Recovery in the Laundering Industry". **Journal of Cleaner Production**, **154 (2017)** 593-601
- Gleize, P. J. P., A, Muller., H, R. Roman. 2003. "Microstructural Investigation of a Silica Fume-Cement-Lime Mortar". **Cement Concrete Compos** **25**: 171-175
- Greenleaf, J. E., Lin, J. C., Sengupta, A. K. 2006. "Two Novel Applications of Ion Exchange Fibers: Arsenic Removal and Chemical-free Softening of Hard Water". **Environmental Progress** **25**: 300-311
- Grabow, W. O., Middendorff, I. G., Basson, N. C. 1978. "Role of Lime Treatment in the Removal of Bacteria, Enteric Viruses, and Coliphages in a Wastewater Reclamation Plant". **Applied and Environmental Microbiology** **35, 4**: 663-669
- Gulbe, L., I, Vitina., J, Setina. 2017. "The Influence of Cement on Properties of Lime Mortars". **Procedia Engineering** **172**: 325-332
- Hunggurami, E., Wilhelmus, B., Richardo, Y.M. 2014. "Studi Eksperimental Kuat Tekan dan Serapan Air Bata Ringan *Cellular Lightweight Concrete* dengan Tanah Putih Sebagai Agregat". **Jurnal Teknik Sipil Vol. III No.2**
- Ikhwan, Zainul. 2015. "Efektifitas Bio Sorben Keladi, Eceng Gondok dan Batang Pisang Pada Kandungan Fosfat Limbah Laundry". **Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas**
- Kurniati, E. 2009. "Penurunan Konsentrasi Detergent Pada Limbah Industry Laundry Dengan Metode Pengendapan Menggunakan Ca(OH)_2 ". **Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan vol 1, 1**: 41-47

- Moges, M. E., Daniel, T., Fasil, E. E., Arve, H. 2017. "Performance Study of Biofilter System for On-Site Greywater Treatment Cottages and Small Households". **Journal of Ecological Engineering** **105** (2017) **118–124**
- Mohan, S. M. 2014. "Use of Naturalized Coagulants in Removing Laundry Waste Surfactant Using Various Unit Processes in Lab-Scale". **Journal of Environmental Science**. **136** (2014) **pg. 103-111**
- Nasution, S.P.P., dan Nieke, K. 2012. **Pemulihan Kualitas Air Limbah Laundry dengan Reaktor Biofilter**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya
- Pratama, S. W. I., Nurlaela, R., Eko, J. 2015. "Pembuatan dan Pengujian Kualitas Semen Portland yang Diperkaya Silikat Abu Apas Tebu". **Jurnal Jurusan Fisika FMIPA Universitas Hasanuddin**: Makassar
- Puspitahati, C. 2012. **Studi Kinerja Biosand Filter dalam Mengolah Limbah Laundry dengan Parameter Fosfat**. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS: Surabaya
- Rahimah, Z., Heliyanur, H., Isna, S. 2016. "Pengolahan limbah Deterjen dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur dan PAC". **Konversi, Volume 5 No. 2 Oktober 2016**
- Rahman, M. D. F. 2008. **Studi Laju Presipitasi Logam Berat Chrom (Cr6+) Pada Air Limbah Buatan Menggunakan Proses Batch**. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS: Surabaya
- Reningtyas, R. M. 2015. "Biosurfaktan". **Jurnal Eksergi vol XII no 2**. UPN: Yogyakarta
- Rustanto, D. Y., dan Nieke, K. 2012. "Pengolahan Air Limbah Laundry dengan Biofilter dan Karbon Aktif". **Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XVI**
- Said, N.I., dan Firly. 2005. "Uji Performance Biofilter Anaerobic Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon Untuk Pengolahan Air Limbah Rumah PotongHewan". **JAL vol 1, 3: 289-303**

- Santi, S. S. 2009. "Penurunan Konsentrasi Surfaktan Pada Limbah Detergen dengan Proses Photokatalitik Sinar UV". **Jurnal Teknik Kimia vol 4, 1: 261-265**
- Sucipto, Edy. 2007. **Hubungan Pemaparan Partikel Debu Pada Pengolahan Batu Kapur Terhadap Penurunan Kapasitas Fungsi Patu**. Tesis. Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro. Semarang
- Sukawati, T. 2008. **Penurunan Konsentrasi COD pada Air Limbah Laundry dengan Menggunakan Reaktor Biosand Biofilter Diikuti dengan Reaktor Activated Carbon**. Yogyakarta: Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII
- Sunanto. 2016. **Perencanaan IPAL Portable dengan Unit Pengolahan Anaerobic Biofilter, Aerobic Biofilter dan Kombinasi Anaerobic-Aerobic Biofilter untuk Kegiatan Usaha Laundry**. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS: Surabaya
- Surest, A. H., Aria, R. W., Resi F. 2012. "Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang untuk Menaikkan PH pada Proses Pengelolaan Air Rawa Menjadi Air Bersih". **Jurnal Teknik Kimia no. 3 vol. 18**
- Susanto, Azis. 1999. **Studi Penurunan Konsentrasi Surfaktan dengan Metode Pengendapan Menggunakan Ca(OH)_2** . Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS: Surabaya
- Susilawati., Asmadi., Mohammad, N. 2016. "Pemanfaatan Sput Bekas Sebagai Media Biofiltrasi dalam Menurunkan kadar BOD dan COD Air Limbah Laundry". **Jurnal Vokasi Kesehatan vol. 11, 2: 119-125**
- Sutrisno, A., dan Slamet, W. 2008. "Analisis Variasi Kandungan Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan Struktural Agregat Pumice". **Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik UNY**
- Swasono, A. W. P., Putri, D. E. S., Zuhriana, M. 2012. "Sintesis Surfaktan Alkil Poliglikosida dari Glukosa dan Dodekanol dengan Katalis Asam". **Jurnal Teknik Kimia vol 1, 1: 5-9**
- Syauqiah, I. Mayang, A. Hetty, A. K. 2011. "Analisis Variasi Waktu dan KEcepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif". **Jurnal Teknik Vol. 12 No. 1**

- Tchobanoglous, G., Franklin, L. B., David, S. 2003. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition**. Singapore: Mc. Graw Hill
- Tchobanoglous, G., Franklin, L. B., David, S. 2014. **Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery 5th edition**. Singapore: Mc. Graw Hill
- Titiresmi dan Nida S. 2006. "Teknologi Biofilter Untuk Pengolahan Limbah Ammonia". **Jurnal Teknik Lingkungan 7, 2: 173-179**
- Yuliani, R. L., Elly, P., Yuni, P. 2015. "Pengaruh Limbah Deterjen Industri Laundry terhadap Mortalitas dan Indeks Fisiologi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) ". **Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi FKIP UN**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”.

LAMPIRAN 1

PROSEDUR ANALISIS PARAMETER

Analisis COD

Pembuatan reagen

1. Larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,1 N

- Timbang 4,9036 gram $K_2Cr_2O_7$ yang sebelumnya di oven selama 24 jam
- Dilarutkan dengan aquades hingga 1000 mL menggunakan labu pengencer 1 L

2. Larutan Ferro Amonium Sulfat (FAS) 0,1 N

- Timbang 39,2 gram $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ kemudian ditambahkan dengan 8 mL H_2SO_4 pekat
- Dilarutkan dengan aquades hingga 1000 mL dengan menggunakan labu pengencer 1 L

3. Larutan Campuran Asam (Ag_2SO_4)

- Timbang 10 gram Ag_2SO_4 dan dilarutkan dengan 1 L H_2SO_4

4. Larutan Indikator Ferroin

- Timbang 1,485 gram Orthophenanthroline dan 0,695 gram $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ditambahkan aquades hingga batas dengan labu pengencer 100 ML

Prosedur Analisis

Analisis COD menggunakan metode *closed reflux titrimetric* sebagai berikut:

1. Disiapkan sampel yang akan dianalisis COD
2. Diambil 1 mL kemudian diencerkan hingga 5 kali, diambil 1 mL sampel dimasukkan ke tabung COD
3. Diambil 1 mL aquades ke tabung COD sebagai blanko
4. Ditambahkan larutan $K_2Cr_2O_7$ 1,5 mL
5. Ditambahkan larutan Ag_2SO_4 3,5 mL
6. Tabung COD diletakkan pada rak tabung COD dan dipanaskan diatas kompor listrik selama 2 jam
7. Setelah dipanaskan, didinginkan kemudian dipindahkan ke dalam erlenmeyer
8. Ditambahkan indikator ferroin sebanyak 3-4 tetes hingga berwarna hijau

9. Kemudian dititrasi dengan larutan FAS 0,05 N hingga berubah menjadi merah bata
10. Perhitungan nilai COD dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{COD (mg/L)} = \frac{(A-B) \times N \times 8000 \times P}{\text{volume sampel}}$$

A = mL FAS titrasi blanko

B = mL FAS titrasi sampel

N = normalitas larutan FAS

P = nilai pengenceran

Analisis pH

Analisis pH menggunakan PH meter dengan bacaan digital.

Prosedur Analisis

1. pH meter distandarisasi dengan mencelupkan probe pH meter bergantian kedalam larutan dengan urutan: buffer pH 4 – buffer pH 7 – buffer pH 10 – buffer pH 7
2. dicelupkan probe pH meter kedalam sampel yang akan diukur pHnya
3. dibaca nilai pH sampel pada monitor

Analisis TSS (Total Suspended Solid)

Prosedur Analisis

1. Kertas saring dimasukkan ke oven dengan suhu 105°C selama 1 jam
2. Kertas saring dimasukkan ke desikator selama 15 menit
3. Kertas saring ditimbang dengan timbangan analitik sebagai berat kosong
4. Diletakkan di *vacuum pump*, dan dituangkan sampel sebanyak 25 mL
5. Kertas saring hasil *vacuum pump* diletakkan pada cawan petridis dan dimasukkan ke dalam oven selama 1 jam
6. Didingankan di desikator selama 15 menit
7. Kertas saring ditimbang
8. Perhitungan nilai TSS dengan rumus berikut:

$$\text{TSS (mg/L)} = ((f-e)/g) \times 1000 \times 1000$$

e = berat kertas saring kosong
f = berat kertas saring dan residu
g = volume sampel

Analisis MBAS (*Methylene Blue Active Surfactants*)

Pembuatan reagen

1. Larutan Stok LAS

1 gram LAS ditimbang, dilarutkan dengan aquades hingga 100 mL. 1 mL = 1 mg LAS.

2. Larutan standar LAS

10 mL larutan stok LAS dilarutkan dengan aquades hingga 1000 mL dengan labu pengencer 1 L. 1 mL = 10 µg LAS

3. Indikator PHenolphthalein

4. Larutan NaOH 1 N

4 gram NaOH ditimbang, lalu dilarutkan dengan aquades 50 mL dalam labu ukur 100 mL, ditambahkan aquades hingga batas labu

5. Larutan H₂SO₄ 1 N

Diambil 2,8 mL H₂SO₄ pekat, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL yang berisi 50 mL aquades. Ditambahkan aquades hingga batas labu

6. Larutan H₂SO₄ 6 N

Diambil 20 mL H₂SO₄ pekat, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL yang berisi aquades 120 mL, kemudian dihomogenkan

7. Larutan biru metilen

Ditimbang 100 mg biru metilen dengan 100 mL aquades dan dihomogenkan. Diambil 30 mL larutan tersebut dan dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL, ditambahkan 500 mL aquades, 41 mL H₂SO₄ 6 N dan 50 gram natrium fosfat monohidrat (NaH₂PO₄.H₂O), dikocok hingga larut kemudian ditambahkan aquades hingga batas labu

8. Larutan Pencuci

Diambil 41 mL H₂SO₄ 6 N dan dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL yang berisi 500 mL aquades. Ditambahkan 50 gram natrium fosfat monohidrat (NaH₂PO₄.H₂O), dikocok hingga larut dan ditambahkan aquades hingga batas labu

Prosedur Analisis

1. Membuat larutan untuk kalibrasi dengan konsentrasi deterjen 0,1 , 0,4 , 0,8 , 1, 1,2 , 1,4 mg/L

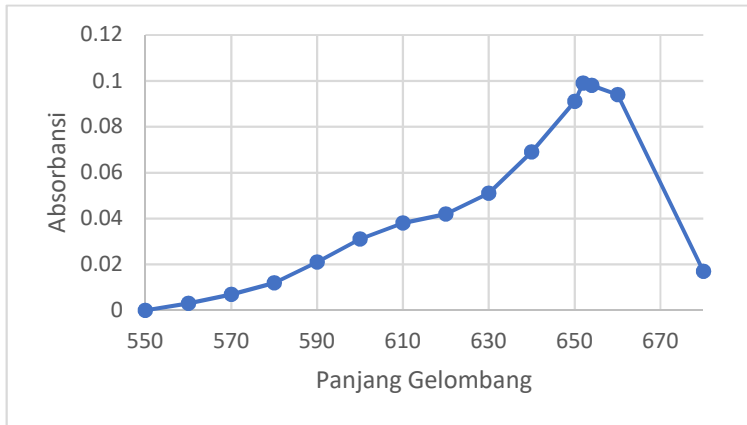
2. Analisis sampel dengan mengambil 0,5 mL sampel dan diencerkan hingga 100 mL dengan labu pengencer 100 mL, dan dihomogenkan
3. Diambil larutan 25 mL dan dimasukkan ke erlenmeyer
4. Ditambahkan indikator PP sebanyak 3 hingga 5 tetes
5. Ditambahkan NaOH 1 N hingga timbul warna merah muda, kemudian dihilangkan dengan menambahkan H_2SO_4 1 N tetes demi tetes hingga menjadi bening
6. Dimasukkan ke corong pemisah 100 mL dan ditambahkan larutan biru metilen sebanyak 25 mL
7. Ditambahkan 5 mL kloroform, dan dikocok hingga 30 detik, dibuka sesekali untuk membuang gas
8. Diamkan beberapa saat hingga terjadi pemisahan
9. Bagian bawah larutan dimasukkan ke erlenmeyer
10. Tahapan nomor 6-9 dilakukan hingga 3 kali
11. Kloroform yang tertampung di erlenmeyer diekstraksi kembali dengan penambahan 25 mL larutan pencuci di corong pemisah
12. Bagian bawah larutan dimasukkan ke erlenmeyer, kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 652 nm

LAMPIRAN 2

PENENTUAN KURVA KALIBRASI

Penentuan panjang gelombang untuk analisis MBAS

Penentuan rentang panjang gelombang antara 550 nm hingga 680 nm

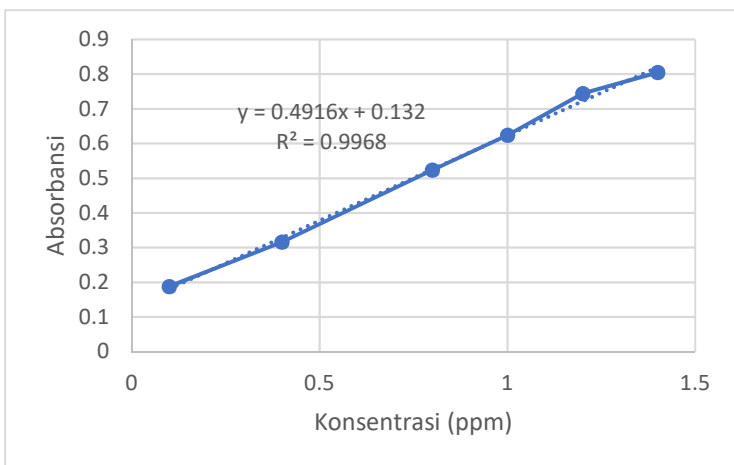


Gambar L. 1 penentuan panjang gelombang

Kurva kalibrasi MBAS

Tabel L. 1 Kurva kalibrasi MBAS

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0,1	0,188
0,4	0,316
0,8	0,524
1	0,624
1,2	0,744
1,4	0,805



Gambar L. 2 kurva kalibrasi MBAS

LAMPIRAN 3

REKAPITULASI DATA

A. Karakteristik air limbah 3 hari berturut-turut

Tabel L. 2 Karakteristik awal limbah laundry

waktu tinggal (jam)	PH	COD (mg/L)	MBAS (mg/L)	TSS (mg/L)
6	6,77	320	78,11	65
7	7,52	380	115,95	112
8	7,24	380	182,26	48

B. Penelitian pendahuluan

Tabel L. 3 parameter MBAS penentuan rasio kapur-semen

waktu kontak (menit)	konsentrasi awal (mg/L)	Rasio Kapur-Semen					
		1:1	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1
30	199,62	195,29	192,34	193,33	190,40	183,87	126,04
60		188,21	184,24	182,03	177,40	173,20	78,84
90		157,69	153,49	148,46	145,10	128,33	54,94
120		138,49	130,85	114,07	101,91	95,62	22,65

Tabel L. 4 Parameter TSS uji pendahuluan

waktu kontak (menit)	konsentrasi awal (mg/L)	Rasio Kapur-Semen					
		1:1	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1
30	220	100	155	140	145	240	190
60		120	330	95	120	160	415
90		80	190	95	190	140	195
120		100	125	55	105	95	105

Tabel L. 5 nilai PH saat uji pendahuluan

waktu kontak (menit)	PH awal	Rasio Kapur-Semen					
		1:1	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1
30	7,08	9,01	11,73	11,33	11,66	11,94	12,03
60		9,99	11,91	11,82	11,88	12,01	12,09
90		10,64	11,96	11,81	11,94	12,03	12,08
120		10,95	12,11	12,07	12,07	12,09	12,12

C. Penelitian utama

Tabel L. 6 Hasil analisis parameter MBAS

waktu tinggal (jam)	influen (mg/L)	batu kapur		tutup botol		kapur semen	
		effluent (mg/L)	% R	effluent (mg/L)	% R	effluent (mg/L)	% R
6	78,11	50,85	34,90	69,57	10,94	9,36	88,02
7	115,95	114,32	1,40	114,32	1,40	54,11	53,33
8	182,26	165,99	8,93	180,23	1,12	23,60	87,05

Tabel L. 7 Hasil analisis parameter COD

waktu tinggal (jam)	influen (mg/L)	batu kapur		tutup botol		kapur semen	
		effluen (mg/L)	% R	effluen (mg/L)	% R	effluen (mg/L)	% R
6	1600	200	87,50	1584	1,00	400	75
7	1900	900	52,63	1840	3,16	200	89
8	1900	1300	31,58	1860	2,11	100	94

Tabel L. 8 Hasil analisis parameter TSS

waktu tinggal (jam)	influen (mg/L)	<i>Effluent</i> (mg/L)		
		batu kapur	kontrol	kapur-semen
6	65	50	105	120
7	112	88	72	148
8	48	32	32	116

Tabel L. 9 Hasil analisis parameter MBAS oleh media kapur-semen sebelum pengendapan

jam ke-	<i>effluent</i> (mg/L)	% R
1	115,95	36,38
2	91,13	21,40
3	50,85	44,20
4	39,06	23,20
5	34,58	11,46
6	33,36	3,53
7	31,73	4,88
8	28,07	11,54

Tabel L. 10 Hasil analisis parameter MBAS oleh media batu kapur sebelum pengendapan

jam ke-	<i>effluent</i> (mg/L)	% R
1	182,26	0
2	180,63	0,89
3	177,79	1,58
4	174,53	1,83
5	173,68	0,49
6	173,31	0,21
7	172,90	0,23
8	170,06	1,65

Tabel L. 11 perubahan pH selama waktu tinggal 6 jam

media	pH awal	jam ke-						pH akhir
		1	2	3	4	5	6	
batu kapur	6,77	8,53	8,48	8,38	8,84	8,38	8,28	7,86
tutup botol		7,69	7,83	7,78	7,48	8,08	7,86	7,8
kapur-semen		12,19	11,92	12,18	11,99	12,18	12,14	12,06

Tabel L. 12 perubahan pH selama waktu tinggal 7 jam

media	pH awal	jam ke-							pH akhir
		1	2	3	4	5	6	7	
batu kapur	7,52	7,42	8,09	8,17	8,2	8,03	7,83	7,98	7,78
tutup botol		7,46	7,74	8,2	8,47	8,84	8,94	9,06	8,09
kapur-semen		11,77	11,97	11,99	12,03	12,04	12	12,1	11,97

Tabel L. 13 perubahan pH selama waktu tinggal 8 jam

media	pH awal	jam ke-								pH akhir
		1	2	3	4	5	6	7	8	
batu kapur	7,24	7,44	7,41	7,38	7,34	7,34	7,37	7,4	7,38	7,6
tutup botol		7,72	7,99	7,87	7,72	7,84	7,81	7,79	7,77	7,77
kapur-semen		11,84	11,85	11,89	11,86	11,85	11,83	11,8	11,78	11,73

Tabel L. 14 Analisis MBAS dengan perbandingan kapur-semen 4:1

waktu tinggal (jam)	influen (mg/L)	batu kapur		kapur-semen 4:1		kapur-semen 6:1	
		effluen (mg/L)	% R	effluen (mg/L)	% R	effluen (mg/L)	% R
6	84,21	58,58	30,43	20,44	75,72	16,48	80,43
7	50,04	28,48	43,09	8,14	83,74	1,63	96,75
8	127,14	63,87	49,76	18,10	85,76	4,37	96,56

Tabel L. 15 Analisis COD dengan perbandingan kapur-semen 4:1

waktu tinggal (jam)	influen (mg/L)	batu kapur		kapur-semen 4:1		kapur-semen 6:1	
		effluen (mg/L)	% R	effluen (mg/L)	% R	effluen (mg/L)	% R
6	1200	550	54	800	33	450	63
7	1000	350	65	550	45	200	80
8	800	228	72	396	51	150	81

Tabel L. 16 Analisis TSS dengan perbandingan kapur-semen 4:1

waktu tinggal (jam)	influen (mg/L)	Effluen (mg/L)		
		batu kapur	kapur-semen 4:1	kapur-semen 6:1
6	360	152	112	276
7	360	148	264	316
8	380	160	328	412

“Halaman ini sengaja dikosongkan”.

LAMPIRAN 4

DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar 1 Titik pengambilan sampel air *laundry*



Gambar 2 Uji pendahuluan dengan sistem *batch*



Gambar 3 Pengoperasian Filter



Gambar 4 media kapur-semen



Gambar 5 Sampel awal



Gambar 7 hasil *effluent* dari media batu kapur



Gambar 6 hasil *effluent* dari media kapur-semen 4:1



Gambar 8 hasil *effluent* dari media kapur-semen 6:1

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis Anindita Parameswari atau akrab disapa Dita ini dilahirkan di Gresik, pada tanggal 2 Februari 1996. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Muhammadiyah 1 Gresik (2002-2008), SMPN 1 GRESIK (2008-2011), SMAN 1 GRESIK (2011-2014). Kemudian melanjutkan kuliah pada tahun 2014 di Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, Institut

Teknologi Sepuluh Nopember. Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan. Penulis pernah aktif sebagai anggota Departemen Hubungan Luar, Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) pada tahun (2015-2016) dan pengurus *Environmental Engineering English Club* (EEEEC) Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan pada tahun (2016-2017). Penulis juga aktif sebagai asisten laboratorium Kimia Lingkungan II. Serta pernah melaksanakan kerja praktik di PT. Petrokimia Gresik selama 1 bulan.

Penulis mengharapkan saran dan masukan pembaca guna kebaikan bagi penulis. Penulis dapat dihubungi melalui surel aninditapcws@gmail.com.